BBC

DETRITI SPAZIALI: IN SICILIA TRE TELESCOPI LI OSSERVANO

Sky at Night

Sky at Night

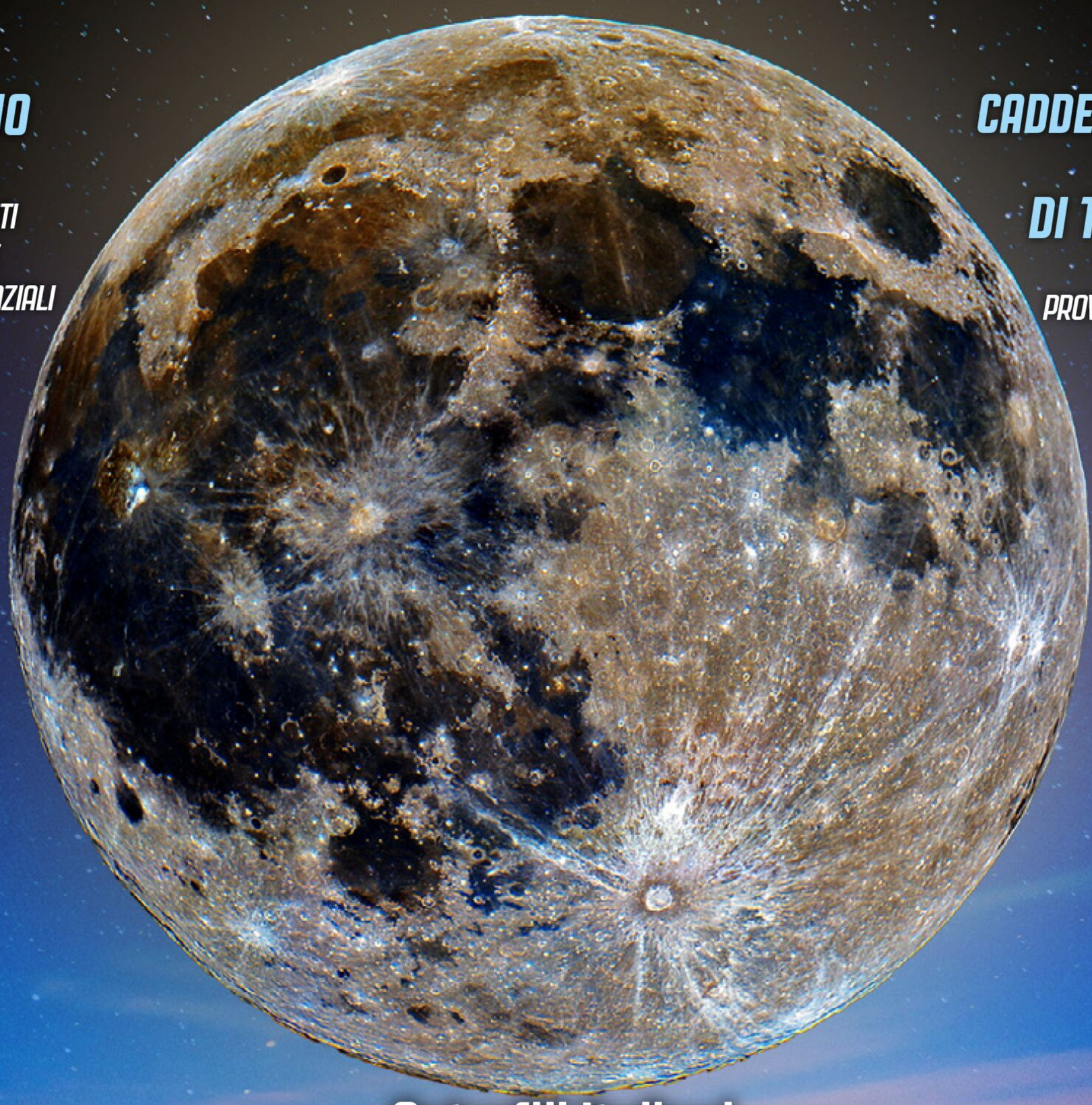
LA RIVISTA DI ASTRONOMIA
PIÙ PRESTIGIOSA AL MONDO

COME NASCONO I BUCHI NERI

PRESTO NUOVI STRUMENTI PER SCOPRIRE L'ORIGINE DI QUESTE VORAGINI SPAZIALI

CADDE DALLO SPAZIO LA SPADA DI TUTANKHAMON

IL FERRO DELLA LAMA PROVIENE DA UNA METEORITE



Astrofili Italiani

LA LUNA PARLA A COLORI

A ogni sfumatura, un'informazione geologica

PRIMA LUCE

OTTICHE ECCEZIONALI, LE NOVITÀ DEL MERCATO ITALIANO

GRECIA, INDIA, CINA, SUD AMERICA

TANTE CULTURE ASTRALI

TELESCOPI REMOTI

UN CLICK PER IMMORTALARE IL CIELO AUSTRALE

POSTE ITALIANE S.P.A. – SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE- AUT. N°MIPA/LO-NO/131/2023 PERIODICO ROC

N.6 - BIMESTRALE - €9,90

P.I. 10-04-2024 - MAGGIO/GIUGNO
CONTO DEPOSITO

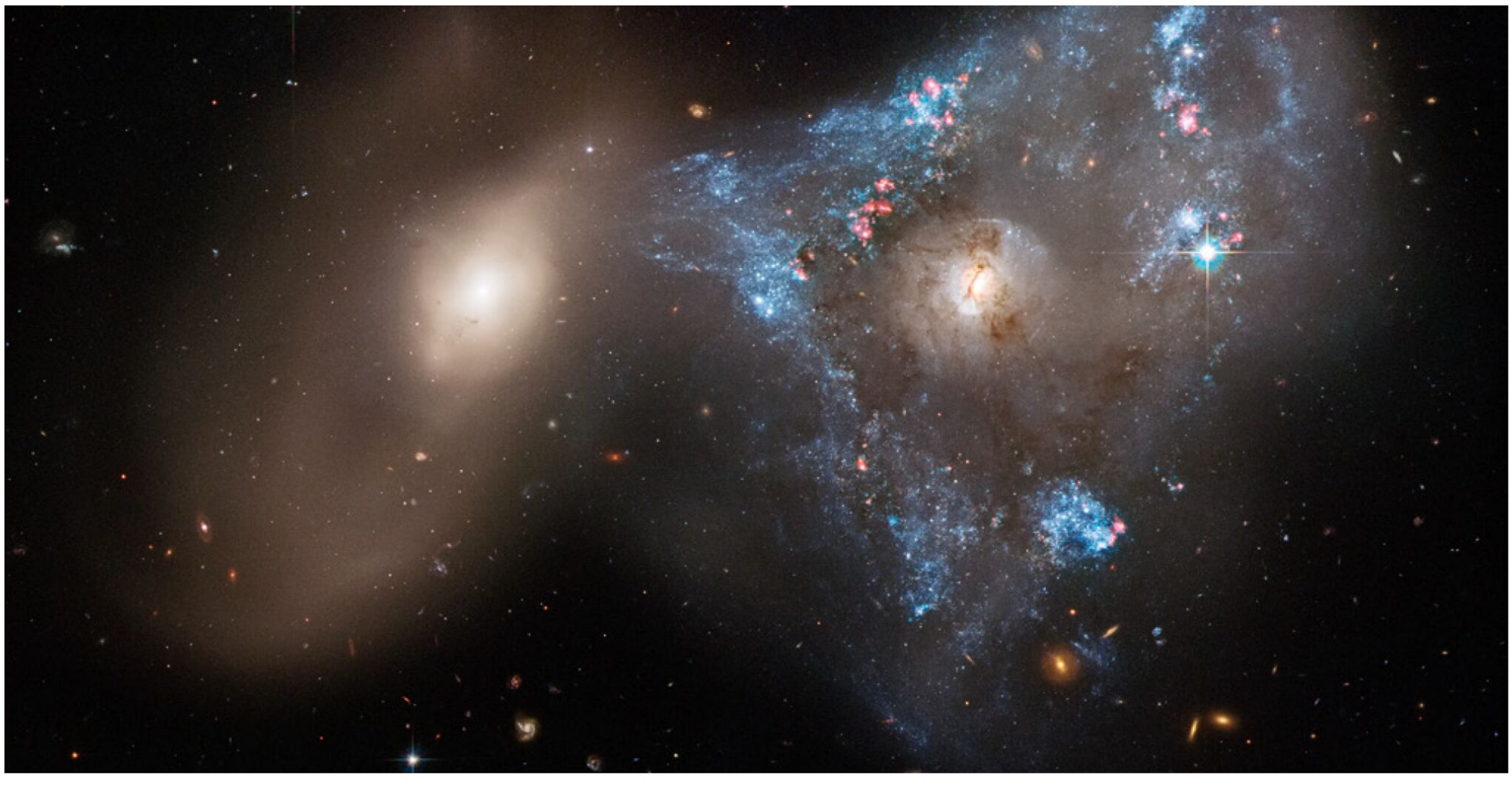
Sprea EDITORI

IN EDICOLA

Scansiona il QR Code

Acquistala su www.sprea.it/scienze
disponibile anche in versione digitale

Telescopio per mondi abitabili



Conosciamo più di cinquemila pianeti di altre stelle e chissà quante migliaia ne scopriremo. Sappiamo che sono milioni... anzi miliardi.
Ma che cosa ce ne facciamo?
La grande maggioranza di questi mondi è troppo calda o troppo fredda, non ha atmosfera o ne ha troppa (cioè sono pianeti gassosi), quasi tutti sono lontanissimi.
I pianeti davvero interessanti sono quelli abitabili, e su di essi bisogna concentrare gli sforzi della ricerca: trovare qualche forma di vita extraterrestre sarebbe la scoperta più importante di tutti i tempi. Per questo l'Accademia delle scienze americana propone la costruzione di un telescopio spaziale specializzato: HWO, l'Habitable Worlds Observatory. Costo: 11 miliardi di dollari.
Lancio: entro il 2040.
HWO dovrebbe lavorare nel visibile e nell'ultravioletto. Per l'infrarosso abbiamo già Webb, vicino al quale, nel punto di Lagrange L2, andrà a collocarsi.
Ma, diversamente da Webb, sarà progettato per la manutenzione robotica e nella "pancia" avrà uno spettrografo. Un coronografo, eliminando l'abbagliamento della stella, permetterà di vedere solo i pianeti e analizzarne l'atmosfera.
Per evitare la dispersione di luce parassita, l'ottica dovrà essere lavorata con la precisione di 1 milionesimo di miliardesimo di metro (più o meno il diametro di un protone)! Ossigeno, metano e acqua, come ha spiegato Lisa Kaltenegger, astronoma della Cornell University, sono i segnali di vita che HWO andrà a cercare, badando alle proporzioni del loro miscuglio, perché questo dato sarà il vero biomarcatore: "Se avessi un pianeta nella zona abitabile della stella e vedessi la giusta combinazione di ossigeno, metano e acqua, direi: OK, non abbiamo altra spiegazione che la vita!".
Gli esopianeti sono una sfida dei prossimi anni.
Ne ha parlato Alessandro Morbidelli nella sua prima lezione al Collège de France. In 500 anni gli italiani che hanno raggiunto questa posizione prestigiosa si contano sulle dita di una mano. Lavorando all'Osservatorio della Costa Azzurra (Nizza), Morbidelli ha dimostrato che i pianeti più massicci – Giove, Saturno, Urano e Nettuno – sono migrati nella regione esterna che ora occupano in seguito a instabilità dinamiche esistenti vicino al Sole nei primi cento milioni di anni del nostro sistema planetario. Ciò ha garantito la quasi-stabilità delle orbite nei successivi 4,5 miliardi di anni, e quindi ha permesso, sulla Terra, l'evoluzione da organismi unicellulari a *Homo sapiens*. Ma il lavoro di Morbidelli è rilevante anche per lo studio degli altri sistemi planetari.
Molti esopianeti massicci vengono scoperti nelle immediate vicinanze delle loro stelle semplicemente perché lì è più facile accorgersi della loro presenza. Ora sappiamo che, benché gassosi e inabitabili, quei pianeti potrebbero prima o poi favorire la vita su pianeti più piccoli e rocciosi. Buona notizia. Dispiace, però, che uno scienziato come Morbidelli abbia dovuto fare tutta la sua carriera all'estero.

Piero Bianucci

Sky at Night
È IN EDICOLA IL
10 DEI MESI PARI

SOMMARIO

06 OCCHI VERSO IL CIELO

10 NOTIZIARIO
Le ultime news sull'astronomia e lo spazio

16 All'AVANGUARDIA
I nostri esperti analizzano le ultime ricerche più interessanti

18 APPUNTAMENTI
Conferenze e incontri

19 PUNTI DI VISTA
Come smacchiare la Luna. L'esordio del metodo sperimentale

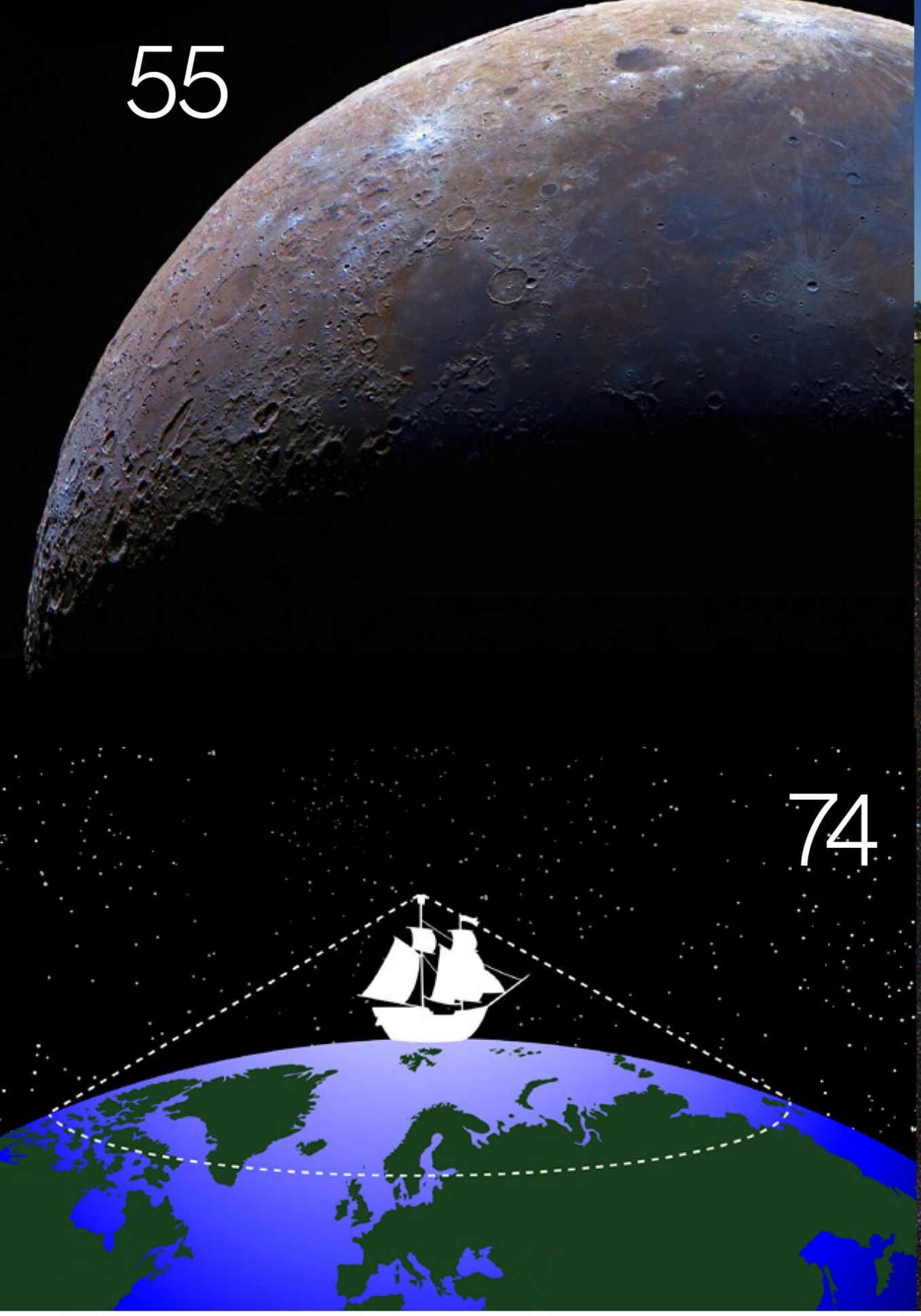
20 I grandi (e piccoli) assenti
I pianeti più comuni della galassia nel Sistema solare non ci sono

26 Come nascono i buchi neri
Stiamo per scoprire da dove arrivano

32 Grecia, India, Cina, Maya
A ogni cultura il suo cielo

36 Cadde dal cielo
la spada di Tutankhamon

43 GUIDA AL CIELO
44 Maggio e giugno sotto le stelle
46 I magnifici tre
48 I pianeti
50 Uno sguardo alla Luna
51 Comete e asteroidi
52 Cielo profondo
53 Al binocolo
54 Mettetevi alla prova



55 La Luna parla a colori
A ogni sfumatura un'informazione geologica

60 Storie di astrofili
Telescopi remoti: un click e si fotografa il cielo australe

64 C'è tanta polvere
ma non è di stelle

70 I lampi cosmici
datano la storia

74 L'universo ha un confine?
Quarta puntata del nostro corso accelerato di cosmologia

76 Andare al massimo
nel cielo profondo

80 Il vostro safari fotografico

84 Ecco come 56 scolari
andranno sulla Luna

88 PRIMA LUCE
Le novità del mercato italiano in poche righe

92 E LUCE FU
Gli esperti di *Sky at Night* recensiscono le ultime novità

96 LA BIBLIOTECA DELLE STELLE

Certificato PEFC
Questo prodotto è realizzato con materia prima da foreste gestite in maniera sostenibile e da fonti controllate
www.pefc.it
PEFC/18-31-379

Stampata su carta HOLMEN con fibra vergine proveniente da foreste sostenibili
holmen.com/paper

BBC Sky at Night è una rivista a basso impatto ambientale.

GALLINA IN FUGA

◁ Un caso di perfezione avicola: la nebulosa Running Chicken rivelata in alta risoluzione

VLT SURVEY TELESCOPE,
21 DICEMBRE 2023

Questa immagine da 1,5 miliardi di pixel della nebulosa Running Chicken, che si trova a 6.500 anni luce dalla Terra, nella costellazione del Centauro, è un mosaico composto da centinaia di fotogrammi ripresi dallo strumento OmegaCAM del VLT Survey Telescope dell'ESO. L'area raffigurata misura 270 anni luce e al suo interno si possono vedere chiaramente i diversi elementi che compongono la Running Chicken: la nebulosa a emissione rosa e rotonda IC 2948 (il "corpo" del pollo, in basso a sinistra), l'ammasso aperto IC 2944 (il "collo" più debole, al centro) e i globuli di Bok GUM 39, 40 e 41 (a destra). È visibile anche Lambda Centauri, la stella blu luminosa al centro, che in realtà è molto più vicina alla Terra, a soli 470 anni luce di distanza.

△ Chiaro come il fango

MARS RECONNAISSANCE ORBITER,
19 DICEMBRE 2023

I tumuli conici con depressioni centrali simili a scodelle rovesciate, che si vedono in questa immagine della superficie marziana, sono ritenuti vulcani di fango, simili a quelli che si trovano in molti continenti sulla Terra. I vulcani di fango non sono ignei, vale a dire che non sputano lava, ma si formano quando gas e liquidi sotterranei risalgono attraverso il terreno fangoso.

Prestazioni di punta ▷

JUNO,
22 DICEMBRE 2023

Questa immagine della regione polare nord della luna gioviana è stata originariamente catturata dalla sonda Juno della NASA nell'ottobre dello scorso anno. L'elaborazione da parte di Ted Stryk, scienziato amatoriale, ha poi rivelato tre picchi inediti (verso l'alto, vicino al terminatore) che si ritiene siano il risultato di un'attività vulcanica.

△ Illusione a spirale

TELESCOPIO SPAZIALE HUBBLE,
25 DICEMBRE 2023

Questa immagine contiene quattro galassie a spirale: IC 1947 a sinistra e la tentacolare NGC 1356 a destra, LEDA 467699 sopra e LEDA 95415 direttamente alla sua sinistra. Si potrebbe pensare che le ultime tre si trovino vicine, ma LEDA 95415 è in realtà più lontana di 300 milioni di anni luce rispetto alla sua grande “vicina” apparente.

▽ I raggi di Saturno

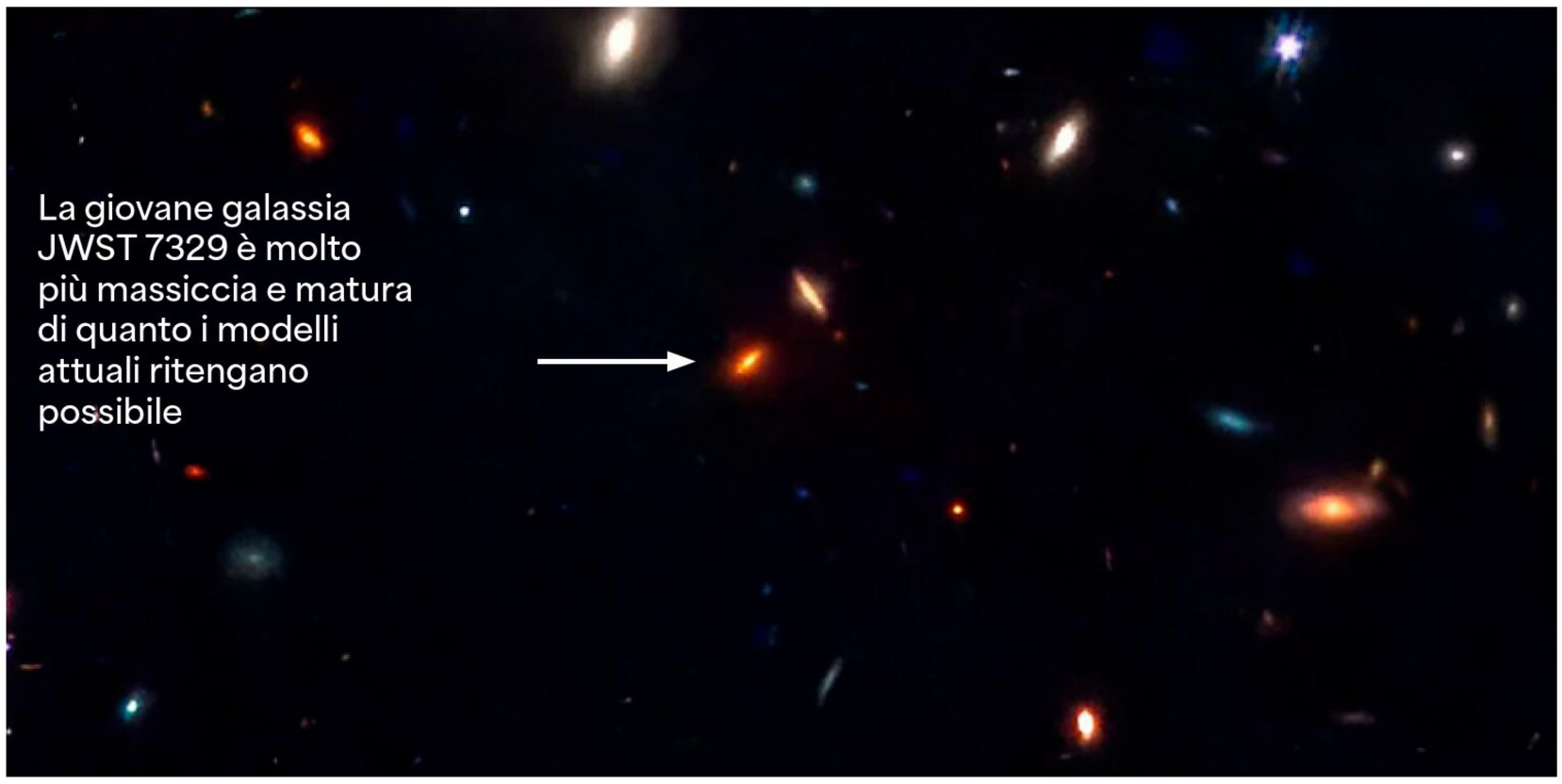
TELESCOPIO SPAZIALE HUBBLE,
21 DICEMBRE 2023

Osservando attentamente questa immagine di Saturno, catturata dal telescopio spaziale Hubble, si possono notare alcune deboli macchie grigie sugli anelli a sinistra e a destra del pianeta. Questi cosiddetti “raggi” (caratteristiche stagionali e transitorie che ruotano con gli anelli per circa 30 ore) si pensa siano nubi di polvere o ghiaccio spostate, anche se il meccanismo di formazione rimane un mistero.

NOTIZIARIO

Le ultime news sull'astronomia e lo spazio

a cura di **Ezzy Pearson**



La giovane galassia JWST 7329 è molto più massiccia e matura di quanto i modelli attuali ritengano possibile

Una galassia "impossibile" nell'universo primordiale

Contiene più stelle di quanto dovrebbe, vista la giovane età

Una galassia che non dovrebbe esistere sta mettendo a dura prova la comprensione degli astronomi.

Nonostante la relativamente giovane età, JWST 7329 ospita molte più stelle di quelle che si sarebbero dovute formare nel tempo. La galassia è stata individuata per la prima volta nel 2010 in un'indagine del cielo a infrarossi e ha subito colpito gli astronomi per la sua particolarità. Le osservazioni a terra si sono rivelate inadeguate e gli astronomi hanno dovuto attendere l'entrata in funzione del James Webb Space Telescope (JWST) per rilevarne lo spettro.

La galassia è così lontana che la vediamo come era 11,5 miliardi di anni fa, appena due miliardi di anni dopo il Big Bang. Anche a questa tenera età, la galassia aveva già una popolazione di stelle con circa 1,5 miliardi di anni e una massa di stelle quattro volte superiore a quella della Via Lattea di oggi. Inoltre, la galassia sembra essere "morta" – il che significa che ha perso il suo gas freddo e cessato di formare nuove stelle – da almeno 1 miliardo di anni.

Negli ultimi anni sono state scoperte altre giovani realtà simili pieni di stelle, anche se JWST 7329 è l'esempio più estremo scoperto finora. La loro esistenza sta causando problemi ai cosmologi, poiché si pensa che le galassie si sviluppino da strutture note come aloni di materia oscura. Secondo le teorie attuali, queste strutture non avrebbero dovuto avere abbastanza tempo per crescere fino alle dimensioni necessarie per creare galassie tanto massicce così presto nell'universo.

"La presenza di queste galassie estremamente massicce nell'universo pone sfide significative al nostro modello standard di cosmologia", afferma Claudia Lagos della University of Western Australia, che ha collaborato allo studio. "Sono necessarie ulteriori osservazioni per capire quanto possano essere comuni queste galassie e aiutarci a comprendere quanto siano realmente massicce".

"JWST ha trovato prove sempre più evidenti della formazione precoce di galassie massicce", afferma Karl Glazebrook della Swinburne University, che ha guidato lo studio. "Il risultato stabilisce un nuovo record per questo fenomeno. Sebbene sia molto sorprendente, si tratta di un solo oggetto. Ma speriamo di trovarne altri; se così fosse, dovremmo davvero rivedere le nostre idee sulla formazione delle galassie".

www.swinburne.edu.au

JAMES WEBB SPACE TELESCOPE, REINHOLD WITTICH/ALAMY STOCK PHOTO, ESO/M. KORNMESSER, NASA'S GODDARD SPACE FLIGHT CENTER

Commento

di Chris Lintott

Quando è stato rilasciato nel 1997, il campo profondo di Hubble è diventato immediatamente un'immagine iconica, trasformando una porzione di cielo apparentemente vuota in una zona piena di galassie. Ma abbiamo rischiato di non vederla. Avendo ipotizzato che le prime galassie avrebbero avuto l'aspetto e il comportamento di quelle attuali, gli astronomi avevano previsto che sarebbe stata una perdita di tempo.

Ora, scoperte come questa ci insegnano di nuovo la stessa lezione: l'universo primordiale è diverso da quello che ci aspettavamo. Forse c'è qualcosa di fondamentalmente sbagliato nella nostra cosmologia. Forse queste galassie stanno vivendo la loro vita in modo inaspettato. Forse stanno formando diversi tipi di stelle. Presto ne sapremo di più.

Non piace a tutti essere sorpresi?

Chris Lintott è co-presentatore di *The Sky at Night*

◀ I ricercatori vogliono studiare il vento solare dalle immagini della coda di S3 PanSTARRS

Avete visto la cometa?

Gli astronomi hanno bisogno delle vostre foto per studiare il vento solare

Questa primavera la cometa C/2021 S3 PanSTARRS è passata vicino alla Terra. E ora gli scienziati hanno bisogno delle vostre immagini. "Abbiamo bisogno di molte foto della cometa per costruire un quadro del suo viaggio attraverso il nostro Sistema solare", spiega Sarah Watson, dottoranda all'Università di Reading, che guida il progetto.
Il team di Watson utilizzerà le immagini per studiare il comportamento della coda della cometa durante il suo viaggio. La coda è creata dal calore del Sole che scioglie il ghiaccio di cui è composta la cometa, ghiaccio che viene poi spazzato via dal vento solare. Per questo motivo, le code delle comete agiscono come orologi a vento cosmici, mostrando la direzione e la forza del vento solare nella regione intorno alla cometa.
"Questa è una fantastica opportunità per gli astrofili, che possono tirare fuori i loro telescopi, catturare un momento cosmico davvero spettacolare e dare un grande contributo a una scienza importante", dice Watson.
È possibile inviare le proprie immagini via e-mail a *s.r.watson@pgr.reading.ac.uk*, insieme all'ora e al luogo in cui sono state scattate.
www.reading.ac.uk

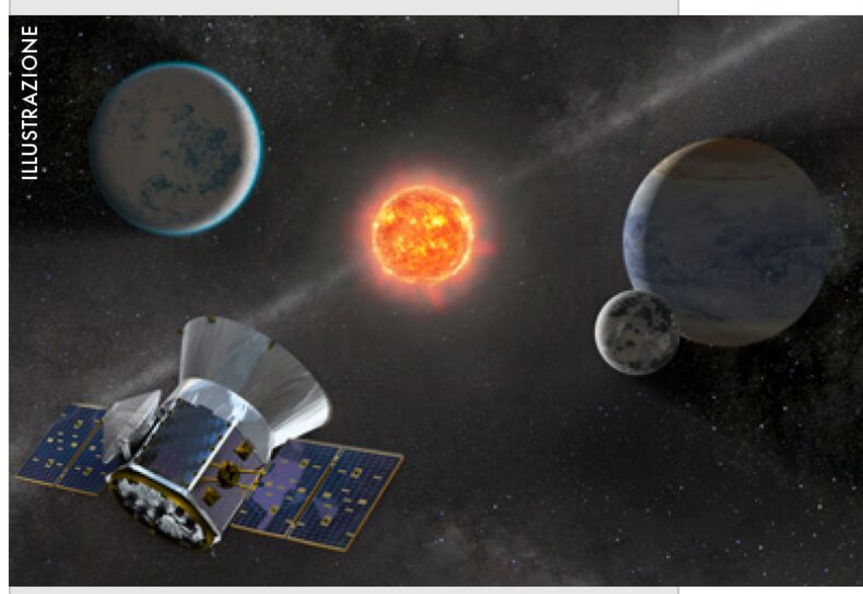
L'oggetto più luminoso? Un buco nero

Un oggetto estremamente luminoso, noto come quasar, è stato ora confermato non solo come l'esempio più luminoso conosciuto del suo genere, ma anche come l'oggetto più luminoso mai osservato. Un quasar si forma quando il disco di accrescimento di gas e polvere attorno a un buco nero supermassiccio, nel cuore di una galassia, diventa così caldo da iniziare a brillare. Per noi qui sulla Terra, il risultato assomiglia molto a una stella. Questo particolare quasar, J0529-4351, è stato individuato in immagini già nel 1980, ma per decenni è stato identificato in modo errato. Solo quando gli astronomi lo hanno riesaminato con osservatori come il Very Large Telescope si sono resi conto della sua reale luminosità. La galassia da record pesa 17 miliardi di masse solari. Ogni giorno divora materiale pari a quello di un Sole, il che lo rende il buco nero con la crescita più rapida finora scoperta. È così lontano che la sua luce ha impiegato 12 miliardi di anni per raggiungerci. Questo banchetto cosmico fa sì che il suo disco di accrescimento brilli 500.000 miliardi di volte più del Sole. "Tutta questa luce proviene da un disco di accrescimento caldo che misura sette anni luce di diametro: deve essere il disco di accrescimento più grande dell'universo", dichiara Samuel Lai, dell'Australia National University, che ha partecipato allo studio.
www.eso.org

ILLUSTRAZIONE

Questo oggetto da record brilla 500.000 miliardi di volte più del Sole

IN BREVE



ILLUSTRAZIONE

TESS trova mondi fantastici

È stato individuato un gruppo di 85 possibili esopianeti, tutti all'interno della zona abitabile delle loro stelle, dove potenzialmente potrebbe persistere acqua liquida. Una nuova tecnica di analisi dei dati raccolti dal Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) della NASA ha aiutato gli astronomi a trovare pianeti in orbite più distanti e più fredde, con periodi orbitali compresi tra 20 e 700 giorni.

C'era una volta il lago Jezero

Le misurazioni radar raccolte dal rover Perseverance della NASA, durante il suo viaggio attraverso il cratere Jezero, hanno confermato che la regione un tempo era davvero sede di un lago. Lo strumento RIMFAX ha scandagliato 20 m sotto la superficie per rivelare strati di sedimenti depositati quando il cratere era pieno d'acqua, dimostrando finalmente il passato umido della regione.

Stelle più lente in periferia

Secondo uno studio condotto sulla base dei dati raccolti dal satellite Gaia dell'ESA, le stelle che si trovano ai margini della Via Lattea potrebbero viaggiare più lentamente rispetto a quelle più vicine al centro galattico. Questa scoperta potrebbe significare che il nucleo gravitazionale della nostra galassia contiene meno materia oscura di quanto si pensasse in precedenza.

◀ In questa foto, scattata dallo stesso Ingenuity, si vede l'ombra di una pala del mini elicottero chiaramente danneggiata

Addio Ingenuity, elicottero dei record

Progettato per cinque voli su Marte, ne ha compiuti 72 e ha percorso 17 km in un'atmosfera cento volte più rarefatta di quella terrestre

Giancarlo Riolfo

Cinque voli di 1 minuto e mezzo ciascuno nell'arco di un mese. Questo era il compito assegnato dalla NASA al mini elicottero Ingenuity, giunto su Marte il 3 aprile 2021 a bordo del rover Perseverance. Ma il piccolo drone (di 1,8 kg di massa) è andato ben oltre, compiendo 72 voli fra il 19 aprile 2021 e lo scorso 18 gennaio, quando una pala del rotore è rimasta danneggiata in atterraggio, rendendolo inutilizzabile. In tutto l'elicotterino ha totalizzato 2 ore, 8 minuti e 48 secondi di volo, percorrendo una distanza complessiva di oltre 17 km.

Che cosa c'è di eccezionale in questo? A parte la durata – ci si aspettava che corresse i 100 m e Ingenuity ha portato a termine una maratona – c'è che l'elicottero ha volato nell'atmosfera estremamente rarefatta di Marte, la cui densità è meno di 1 centesimo di quella terrestre (0,6%, per la precisione). Al suolo sul Pianeta Rosso equivale a quella che si incontra a 35 km d'altezza sulla Terra. Una quota pari a tre volte quella massima a cui possono volare gli aerei di linea e che solo i palloni sonda riescono a raggiungere. Per capirci, un elicottero con ottime prestazioni nel volo ad alta quota come l'Airbus Helicopters H125 può toccare al massimo i 4.600 m.

Dimostrare la possibilità di impiegare velivoli a sostentamento aerodinamico in un'atmosfera così rarefatta era l'obiettivo del piccolo elicottero battezzato Ingenuity, parola che in inglese significa "ingegno", "inventiva". Il velivolo è stato concepito dal Jet Propulsion Laboratory (JPL) della NASA insieme con AeroVironment – azienda fondata da Paul MacCready, che ha realizzato fra l'altro il primo velivolo a propulsione muscolare ad aver attraversato la Manica, e diversi droni a energia solare capaci di volare ad alta quota – in collaborazione con i centri di ricerca NASA di Ames e di Langley.

Per poter volare in un'atmosfera così rarefatta, i due rotori – coassiali e controrotanti – sono stati progettati per girare dieci volte più velocemente di quanto sarebbe necessario sulla Terra. Un pannello solare montato sopra i rotori permetteva di ricaricare le batterie del motore elettrico fra un volo e l'altro. A bordo del mini elicottero, oltre una serie di sensori, come per esempio un laser per misurare la quota, una telecamera in bianco e nero a bassa risoluzione (impiegata per la navigazione) e una macchina fotografica a colori per trasmettere immagini ad alta definizione. Un modello della Sony di normale produzione commerciale.

Poiché un segnale radio impiega da 5 a 20 minuti per coprire la distanza fra la Terra e Marte, a seconda della distanza fra i due pianeti nel corso delle loro orbite, era impossibile pilotare Ingenuity a distanza. Ogni volo veniva pianificato al JPL e il piano veniva trasmesso all'elicotterino tramite il "ponte" del rover Perseverance. Il velivolo era quindi autonomo nell'esecuzione del programma.

Una curiosità: a bordo di Ingenuity, fissato sotto il pannello solare, c'è un brandello di tela appartenente all'aereo dei fratelli Wright che compì il primo volo a motore della storia, il 17 dicembre 1903. Un altro pezzetto di quel rivestimento di stoffa è sulla Luna, portato dagli astronauti dell'Apollo 11.

Luna: la Cina si prepara

Pechino ha lasciato trapelare le prime notizie sul suo programma lunare. Slitta al 2026 la missione di sbarco della NASA

Gli Stati Uniti e i loro partner europei, canadesi e giapponesi non sono gli unici a voler riportare l'essere umano sulla Luna. Ci sono anche gli indiani e soprattutto i cinesi. Pechino ha annunciato l'intenzione di organizzare una missione di sbarco entro la fine del decennio. A differenza della missione NASA Artemis, che punta al polo sud, lo sbarco cinese avverrà nella fascia equatoriale, come per le missioni Apollo. Il piano prevede un doppio lancio in orbita lunare: uno con il lander, l'altro con la navicella e il suo equipaggio. I due veicoli compiranno un rendez-vous e il docking in prossimità del nostro satellite. Questa soluzione permette di evitare la costruzione di un super razzo come il Saturn V (o il suo omologo sovietico N-1, che, come molti ricorderanno, fu abbandonato dopo una serie di incidenti), capace di trasportare in orbita lunare sia la navicella con gli astronauti che il lander. Non si conoscono maggiori dettagli sul programma cinese. Non si sa quanti "taikonauti" parteciperanno alla missione, né quanti dovrebbero scendere sulla superficie, ma la Cina ha già dichiarato di voler costruire una base lunare permanente nel corso del prossimo decennio.

Prosegue intanto la revisione del programma Artemis della NASA, alla luce degli ultimi test sulle diverse componenti. Come annunciato a gennaio, la missione Artemis 2, che avrebbe dovuto portare l'equipaggio di tre uomini e una donna a compiere un giro di boa attorno alla Luna il prossimo novembre, è stata rinviata di dieci mesi. Rinviato anche lo sbarco sulla superficie, affidato alla successiva missione Artemis 3 e ora previsto nel 2026. Obiettivo che appare in realtà poco credibile, dal momento che il lander ancora non c'è e difficilmente potrà essere pronto in tempi così brevi. Secondo il Government Accountability Office del Congresso sarà pressoché impossibile un allunaggio prima del 2007.

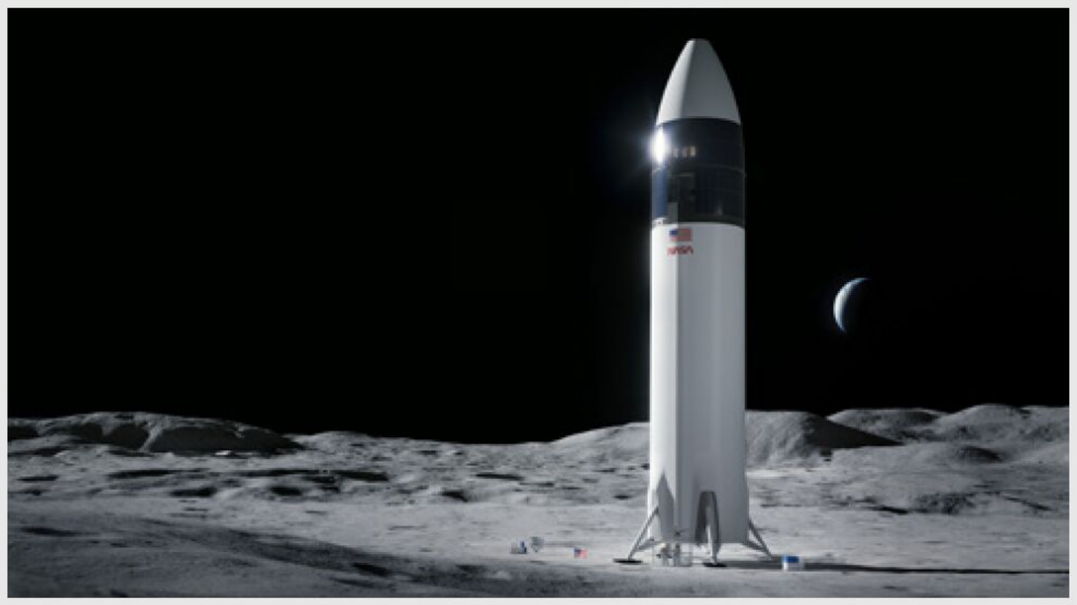
Nessun novità è stata invece annunciata per Artemis 4. La missione, che ha per obiettivo l'assemblaggio del modulo abitativo europeo I-Hab alla stazione Gateway in orbita lunare per poi scendere sulla superficie, resta in calendario nel settembre 2028.

Ma se è verosimile che tutto sia pronto a fine estate del prossimo anno per il lancio verso la Luna di Reid Wiseman, Victor Glover, Christina Koch e del canadese Jeremy Hansen, che compiranno un sorvolo del satellite per poi tornare indietro, ci sono dubbi e incertezze sulla data dello sbarco. Settembre 2026 appare una previsione molto ottimistica. L'ostacolo è il lander per scendere sulla superficie lunare o, per meglio dire, la sua assenza. SpaceX è in ritardo con la navetta Starship, dalla quale dovrà essere sviluppata - con notevoli modifiche - la versione HLS (Human Landing System), destinata a portare gli astronauti dall'orbita lunare alla superficie. Non solo. Starship HLS raggiungerà l'orbita terrestre con i serbatoi di propellente ormai vuoti e dovrà essere rifornita nello spazio del propellente (metano e ossigeno liquidi) prima di intraprendere il viaggio verso la Luna, nella cui orbita attenderà la navicella Orion con gli astronauti. Ma per rifornire Starship HLS occorreranno svariati lanci di vettori-cisterna e la messa a punto di tecnologie inedite per il travaso del propellente.

Nel terzo lancio di prova, lo scorso marzo, la navetta ha raggiunto per la prima volta la velocità orbitale e ha sperimentato il travaso di combustibile da un serbatoio a un altro, ma mentre scriviamo non si hanno ancora certezze sulla riuscita del test.

Anche la messa a punto del lander Blue Moon di Blue Origin, scelto dalla NASA come alternativa a quello di SpaceX, richiederà parecchio tempo. Come se non bastasse, le tute per le attività extraveicolari sulla Luna, realizzate da Axiom Space, non sono ancora pronte. La NASA infatti ha richiesto che il sistema di supporto vitale d'emergenza assicuri 60 minuti di funzionamento. Questo richiede serbatoi dell'ossigeno più grandi e una serie di modifiche.

Già nell'autunno dello scorso anno, quando Artemis 3 era ancora ufficialmente in calendario a fine 2025, lo United States Government Accountability Office, dopo aver esaminato la documentazione relativa al programma e interrogato dirigenti della NASA e delle industrie coinvolte, aveva dichiarato che non sarebbe stato possibile rivedere un americano sulla Luna prima del 2027. Ricordiamo che inizialmente il piano prevedeva la costruzione della stazione Gateway, e quindi lo sbarco, nel 2028. Fu il presidente Trump a cambiare il programma e anticipare il ritorno sulla Luna nel 2024: obiettivo che sin dall'inizio parve irrealistico. (GR)



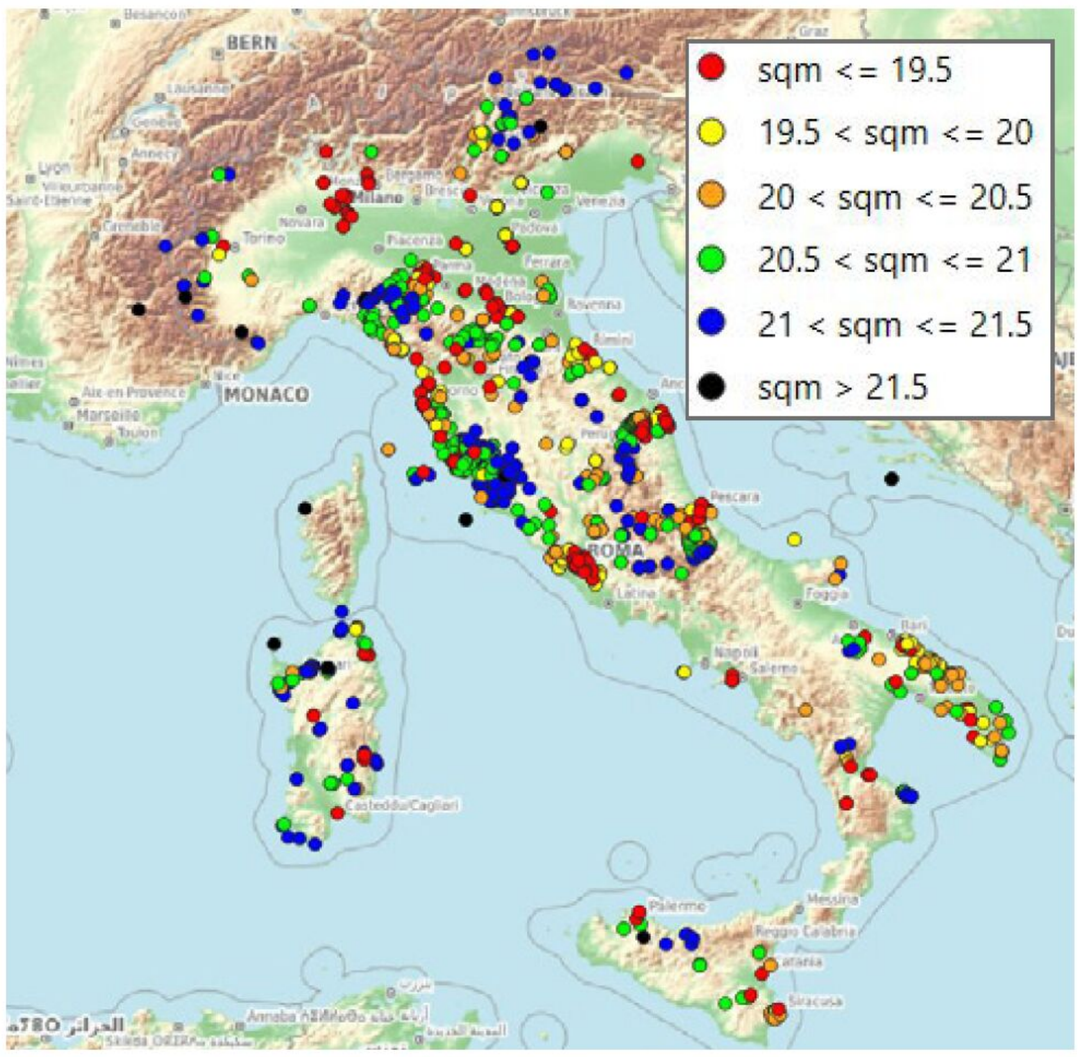
▶ **Rappresentazione artistica della navetta Starship sul suolo lunare**

Nuova mappa del buio Qui si vedono le stelle!

Il progetto BuioMetria Partecipativa: uno straordinario esempio di "citizen science" nato in Maremma che si è esteso all'Italia, al CNR di Pisa e Firenze, all'Europa

Andrea Giacomelli

La rete *pibinko.org* ha pubblicato una nuova versione della mappa BuioMetria Partecipativa, per condividere misure, osservazioni e storie relative alla qualità del cielo notturno. La mappa è accessibile dall'indirizzo *www.pibinko.org/buiometriapartecipativa-mappa*.



Ma come è nato questo progetto? Nel 2008 due ingegneri ambientali, Francesco Giubbilini e Andrea Giacomelli, il primo astrofilo e il secondo interessato a riscoprire aspetti poco noti della zona di origine dei genitori (la Maremma), notarono che la zona in cui Andrea aveva reclutato l'anno prima i giocatori di un antico gioco di palla per andare a Chicago a fare promozione del territorio, coincidevano con una delle parti d'Italia con una qualità del cielo notturno molto buona (sopra 21 mag/arcsec2), in un paese che non era in condizioni ideali dal punto di vista dell'inquinamento luminoso. All'epoca iniziavano a circolare in Italia i primi "Sky Quality Meter", ma soltanto tra gli esperti. Francesco e Andrea decisero di allargare il numero di coloro che potevano eseguire misure, organizzando eventi di divulgazione e prestando gli strumenti a qualsiasi categoria di persone a parte astronomi e astrofili, sensibili alla protezione del cielo notturno.

Con un lavoro "dal basso", che ha coinvolto studenti, baristi, pensionati, gruppi rock o scienziati (non astronomi) e molte altre professioni, il monitoraggio della qualità del cielo si configurò come una vera e propria attività di citizen science. Il progetto fu chiamato BuioMetria Partecipativa (BMP). "Buiometria" non è nel vocabolario, ma fa capire di cosa si tratta, e Andrea e Francesco pensarono che usando termini italiani sarebbe stato più semplice diffondere il progetto, avendo a che fare con un pubblico che in molti casi non parla inglese. Si è anche ragionato su modi diversi per fare divulgazione: non solo attraverso eventi di osservazione tradizionali o seminari, ma anche con un concorso internazionale di fotografia, interviste a cittadini e scienziati, spettacoli dal vivo e brani musicali per divulgare il tema. Il progetto è stato addirittura presentato nell'edizione italiana di *Topolino*, con un inserto speciale, seguito da una storia "al buio". In parallelo alle attività "dal basso", la BuioMetria Partecipativa è stata anche impegnata in attività di rilievo scientifico, collaborando con molte organizzazioni di ricerca, soprattutto in Europa, oppure realizzando un sistema informativo per la raccolta e la consultazione di dati da stazioni di monitoraggio in cinque regioni italiane, oltre a workshop e simposi internazionali, con l'Università di Pisa e il CNR di Firenze come partner principali e attività con crediti formativi e professionali.

Con la pandemia il progetto ha avuto un rallentamento. Tuttavia, nel corso del 2023 si è registrata una nuova ondata di interesse per l'approccio a questo problema, con nuovi inviti a tenere eventi e a eseguire misure.

Nei prossimi quattro anni la BuioMetria Partecipativa entra in una nuova fase. Il CNR continuerà a sviluppare la sua rete di monitoraggio e ad analizzare la questione della misurazione della qualità del cielo notturno in condizioni diverse, combinando sensori in Toscana con altri in condizioni "particolari", come le isole Svalbard. L'Università di Pisa avrà l'importante ruolo di coordinare un progetto HORIZON Europe riguardante l'inquinamento luminoso e acustico negli ecosistemi aquatici, abbinato a un progetto analogo per gli ecosistemi terrestri. In questo contesto la BuioMetria Partecipativa continuerà a lavorare con il proprio ruolo di raccordo interdisciplinare per portare sempre più persone a capire meglio la questione dell'inquinamento luminoso e cambiare il proprio rapporto con la luce artificiale.

Per ulteriori informazioni o per partecipare: bmp@pibinko.org e www.pibinko.org/buiometria-partecipativa

Asteroidi in classe

Un progetto coordinato da INAF per l'educazione alle scienze dello spazio

Si chiama StAnD, Students As plaNetary Defenders ed è un progetto Erasmus+, il programma UE per l'istruzione, la formazione, la gioventù e lo sport. L'obiettivo è fare appassionare gli studenti della scuola primaria e secondaria al tema degli asteroidi, delle meteore e della difesa planetaria.

Avviato nell'autunno scorso, durerà tre anni e consiste nel portare nelle classi asteroidi, comete, meteore e micrometeoriti attraverso attività ed esperimenti accuratamente progettati, come l'installazione di camere per la rilevazione di meteore nelle scuole partecipanti e un kit ideato appositamente per dare la caccia ai micrometeoriti.

Le attività del progetto hanno anche il notevole potenziale di condurre a nuove scoperte scientifiche come nuovi asteroidi e cadute di meteoriti.

Gli insegnanti riceveranno formazione e assistenza attraverso MOOCs (Massive Online Open Courses) e corsi estivi per prepararsi su vari temi legati all'astronomia, al Sistema solare e all'esplorazione spaziale. Potranno così usufruire di particolari risorse per meglio presentare questi argomenti nelle loro classi e acquisiranno metodologie innovative, incentrate sugli studenti, per facilitare l'integrazione dei contenuti digitali all'interno del curriculum STEM. Saranno anche formati sia all'utilizzo di telescopi robotici e del relativo software, per pianificare le osservazioni e analizzare i dati raccolti, sia all'interpretazione delle immagini di meteoriti acquisite tramite i sistemi di camere. Impareranno infine a raccogliere e identificare i campioni di micrometeoriti. I risultati delle varie fasi del progetto saranno poi regolarmente divulgati tra i partecipanti e i Paesi coinvolti, a livello europeo e internazionale. Coordinato da INAF, il progetto vede infatti la partecipazione di COSPAR, Francia, NUCLIO, Portogallo, Ellinogermaniki Agogi, Grecia, e FTP-Europlanet, Germania. "L'Istituto Nazionale di Astrofisica è profondamente impegnato nella ricerca e negli sforzi tecnologici legati alla difesa del pianeta dalle minacce di asteroidi potenzialmente pericolosi", ha commentato Daniele Gardiol, coordinatore delle attività di divulgazione e formazione dell'Osservatorio di Torino. "I ricercatori INAF hanno ideato e realizzato LICIACube, il satellite che ha monitorato il riuscito impatto su Didymos all'interno della missione NASA DART dello scorso ottobre. Oltre a coordinare la rete di segnalazione bolidi di PRISMA per il recupero di meteoriti 'fresche', cioè appena cadute (parte della rete internazionale di FRIPON), l'INAF, negli ultimi anni, ha anche aumentato le iniziative di divulgazione e formazione, di cui la partecipazione a questo entusiasmante progetto non è che la naturale conseguenza".

projectstand.eu

Dal cielo a Renazzo e viceversa

Tre giornate di celebrazioni per il bicentenario della caduta della meteorite CR2. Un asteroide dedicato alla piccola frazione in provincia di Ferrara

Sono tra 1,1 e 1,9 milioni gli asteroidi della fascia principale tra Marte e Giove grandi oltre un chilometro. Il numero 113626, con un diametro di circa 3 km e una distanza media di 3 UA dal Sole, dall'autunno scorso ha anche un nome. Si chiama Centorenazzo e l'ha scoperto nel 2002 l'astronomo Fabrizio Bernardi, che l'ha voluto dedicare al comune di Cento, in provincia di Ferrara, e in particolare alla frazione di Renazzo, protagonista due secoli fa della caduta di una meteorite diventata celebre in tutto il mondo (vedi Sky at Night n°5).

Caduta il 15 gennaio 1824, la meteorite CR2 è stata conservata e studiata nei principali musei e Università di tutto il mondo. È tornata a Cento quale prestito dal Sistema museale di ateneo dell'Università di Bologna il 10 gennaio 2024, nella Civica Pinacoteca. Dal 13 al 15 gennaio scorsi si sono svolte le celebrazioni per il bicentenario della caduta, con eventi organizzati dall'amministrazione comunale insieme alla Pro Loco di Renazzo, l'Associazione Astrofili Centesi e molte altre realtà del territorio. Il clou delle celebrazioni si è avuto nel pomeriggio di domenica con la partecipazione di studiosi e specialisti nel campo delle meteoriti e dei corpi minori del Sistema solare.

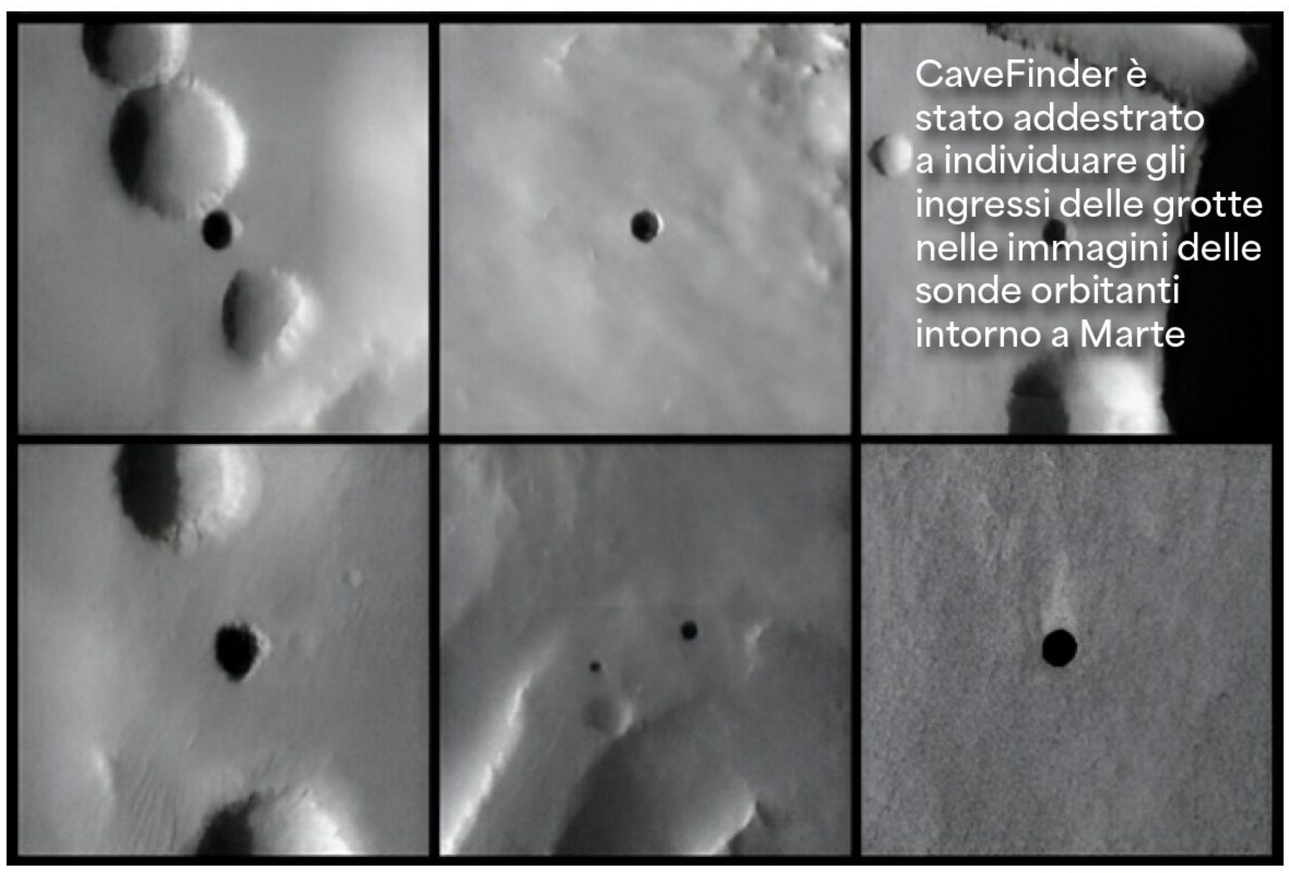
Ad aprire i lavori è stato Giordano Cevolani, considerato lo storico dell'evento e degli studi sulla pietra celeste, con la conferenza che è anche il titolo del suo ultimo libro 'L'eredità della meteorite Renazzo al bicentenario della caduta'. Per maggiori informazioni sulla storia e la cronaca dell'accaduto, sono stati pubblicati due video a cura degli Astrofili Centesi con documentazione reperita all'Archivio storico comunale, visibili sulla pagina web del Comune.

Le celebrazioni si sono concluse nella serata del 15 gennaio presso il Centro Pandurera di Cento proprio nella notte della caduta di 200 anni fa, con l'evento *Aspettando la meteorite* organizzato da Banca Centrale Emiliana, uno spettacolo musicale e canoro con un video eccezionale dei ragazzi delle medie di Renazzo calato nello scenario del paese poco prima della caduta della pietra celeste, la partecipazione straordinaria dell'astronauta Maurizio Cheli e la distribuzione ai tantissimi convenuti del libro Meteor Valley Emiliana di Giordano Cevolani e Sandro Zannarini.

▲ **Gli autori del volume "Meteoriti storiche. Un metodo per indagare il passato: Il caso Renazzo CR2" con una riproduzione della meteorite.**

Ritorno alle caverne per vivere su Marte

Tubi di lava sul pianeta rosso scoperti attraverso il *machine learning*



CaveFinder è stato addestrato a individuare gli ingressi delle grotte nelle immagini delle sonde orbitanti intorno a Marte

Gli scienziati planetari sono particolarmente entusiasti di trovare grotte su Marte. Queste strutture sotterranee offrono luoghi molto promettenti per la creazione di habitat umani: i loro soffitti rocciosi fornirebbero protezione dalle tempeste di polvere e dagli impatti di micrometeoriti, oltre a schermare dalle radiazioni cosmiche. Rappresentano inoltre obiettivi allettanti per la ricerca di segni di semplice vita marziana, dato che le grotte sulla Terra spesso sostengono un'abbondante crescita microbica.

I tunnel di lava sono una promettente fonte di grotte marziane. Si formano quando un flusso di lava vulcanica sviluppa una crosta indurita sulla parte superiore, ma continua a scorrere all'interno, per poi svuotarsi e lasciare un tunnel cavo sotto la superficie. Sulla Terra, la loro lunghezza varia da pochi metri all'enorme grotta di Kazumura, lunga 65 km, nelle Hawaii, e il loro diametro può raggiungere i 30 m.

Gli indizi principali che permettono di individuare i tunnel di lava, e che forniscono anche l'accesso al loro interno, sono le aperture superficiali dovute al crollo di parte del soffitto. A causa della debole gravità su Marte, questi potenziali ingressi alle grotte (PCE, da potential cave entrances) possono essere molto più grandi che sulla Terra e la mancanza di vegetazione di copertura li rende relativamente facili da individuare nelle immagini satellitari.

Tradizionalmente, però, l'identificazione dei PCE su Marte – e di qualsiasi altra caratteristica della superficie – è lenta e laboriosa, perché i ricercatori devono visionare migliaia di immagini. Thomas Watson e James Baldini, entrambi del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Durham, hanno lavorato per automatizzare questo processo utilizzando il *machine learning*.

FUORI DAL TUNNEL

Hanno sviluppato un sistema informatico noto come rete neutrale artificiale, che simula una struttura vagamente basata sul cervello dei mammiferi. Hanno quindi addestrato questo sistema a riconoscere le aperture dei tubi di lava mostrandogli molti esempi di PCE già identificati, e poi lo hanno usato per elaborare altre immagini della superficie marziana. Si sono concentrati su regioni che in passato hanno avuto un'intensa attività vulcanica, tra cui la linea di tre vulcani giganti nel rigonfiamento di Tharsis, a cavallo dell'equatore.

CaveFinder, come è stato ribattezzato il sistema, ha individuato 61 PCE precedentemente sconosciuti, che vanno ad aggiungersi al catalogo esistente di oltre 1.000. Il più grande di questi nuovi PCE – chiamato informalmente Marvin dai ricercatori – ha un diametro di oltre 700 m, il che lo rende un bel bersaglio da raggiungere con una missione robotica. Un altro, Emily, si trova all'interno della provincia vulcanica di Elysium, nell'emisfero settentrionale, a una bassa altitudine. Questo è particolarmente significativo, perché l'atmosfera più spessa rende molto più facile l'atterraggio con il paracadute o l'esplorazione dei tubi di lava con droni robotici.

Gli autori sottolineano che il loro metodo di ricerca automatica è ancora lontano dall'essere perfetto. Dopo l'ispezione umana delle immagini, molte delle località individuate da CaveFinder sono risultate non contenere un potenziale ingresso di grotta, e il sistema ha anche tralasciato aperture di grotte conosciute. Tuttavia, questo rappresenta un approccio promettente all'uso del *machine learning* per setacciare vaste serie di immagini e individuare nuovi siti di interesse.

"CaveFinder ha individuato 61 potenziali ingressi di grotta precedentemente sconosciuti... il più grande ha un diametro di oltre 700 m"

Lewis Dartnell è astrobiologo e professore dell'Università di Westminster

Lewis Dartnell ha letto per voi: *Martian Cave Detection via Machine Learning Coupled with Visible Light Imagery*, di Thomas H Watson e James U L Baldini. Leggetelo online su: *www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103524000101*

NASA/JPL-CALTECH/ASU/USGS, CALTECH/IPAC/R. HURT

La strana coppia

Un'insolita stella binaria potrebbe essere il segnale di una supernova imminente

I lettori abituali di questa rubrica non avranno dubbi sul fatto che io ami gli oggetti strani. Le versioni insolite di oggetti astronomici comuni sono ancora più belle, in quanto rappresentano sia un rompicapo sia un'occasione per imparare di più sull'astrofisica. Nella strana stella binaria di cui si parla nell'articolo di questo mese, abbiamo a che fare proprio con questo. J0526+5934 è una stella binaria, con due oggetti che orbitano uno intorno all'altro in poco più di 20 minuti, un periodo che significa che devono essere davvero molto vicini.
È stata individuata per la prima volta dai dati del satellite Gaia dell'ESA, la cui mappatura della galassia sta producendo un gran numero di oggetti interessanti.

Ma che cos'è? In base al suo colore e alla sua luminosità, i suoi scopritori pensavano che il sistema dovesse avere una primaria subnana, un po' più calda e massiccia del Sole, intorno alla quale orbiterebbe una nana bianca. Gli autori di questo articolo, però, si dicono contrari, basandosi su nuove osservazioni effettuate con l'imponente Grand Telescopio Canarias (GTC), alle Canarie, insieme a telescopi robotici in altre località della Spagna e della Thailandia, che hanno utilizzato per monitorare la luminosità del sistema nel tempo.

SORPRENDENTEMENTE PICCOLA

I nuovi dati hanno permesso al team di misurare la velocità con cui gli oggetti si muovono mentre oscillano l'uno intorno all'altro. Considerando queste misure, oltre a un nuovo spettro dell'oggetto e ai risultati di un monitoraggio a lungo termine, è stato possibile determinare la massa della più luminosa delle due stelle: non è così massiccia come pensavano gli scopritori.

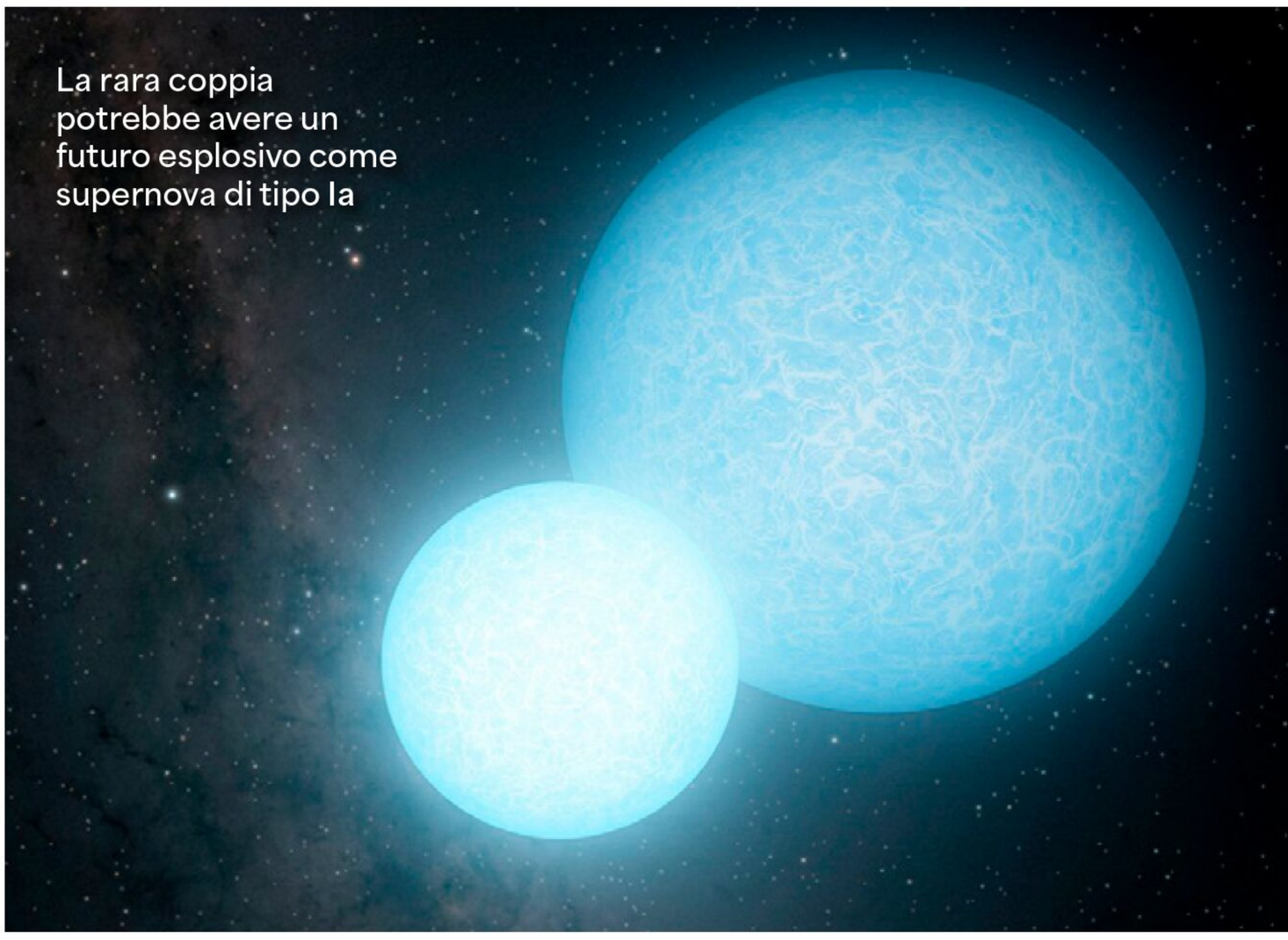
Con meno di un terzo della massa del Sole, non è abbastanza massiccia per essere una subnana. Stelle simili non esistono in versione ligth. Gli autori suggeriscono invece che si tratti di una nana bianca di massa estremamente ridotta. La seconda stella è chiaramente una nana bianca, quindi questa doppia è in realtà una coppia di resti stellari densi in orbita l'uno intorno all'altro. Tali sistemi non sono del tutto sconosciuti, ma questa è solo la quinta coppia nota con un'orbita così stretta. Questo significa che le due stelle hanno un futuro entusiasmante davanti a loro. Quando orbitano una intorno all'altra, il fatto che si muovano velocemente fa sì che lo spazio si increspi, emettendo onde gravitazionali. La perdita di energia che ne deriva le farà avvicinare a spirale e collidere tra circa 3 milioni di anni, producendo quella che sembra destinata a essere un'esplosione nota come "supernova di tipo Ia".

Le stelle di tipo Ia sono fondamentali per la cosmologia moderna: quelle osservate nelle galassie lontane ci permettono di misurare il tasso di espansione dell'universo. La possibilità di studiare il progenitore di uno strumento così importante per la comprensione dell'universo avrà un valore inestimabile. Presto potremmo vedere più direttamente sistemi come J0526+5934.

L'ESA ha recentemente approvato la costruzione dell'osservatorio di onde gravitazionali LISA. Mentre gli esperimenti esistenti, come LIGO, rilevano le increspature di oggetti massicci come i buchi neri in collisione, le tre navicelle di LISA, che voleranno in formazione, rileveranno le onde gravitazionali di sistemi come questo. Nei prossimi decenni sentiremo parlare ancora di nane bianche doppie.

"Questo sistema doppio è in realtà una coppia di densi resti stellari in orbita uno intorno all'altro... solo la quinta coppia conosciuta con un'orbita così stretta"

Chris Lintott è astrofisico e co-presentatore di *The Sky at Night*



La rara coppia potrebbe avere un futuro esplosivo come supernova di tipo Ia

Chris Lintott ha letto per voi: *J0526+5934: A Peculiar Ultra-short Period Double White Dwarf* di Alberto Rebassa-Mansergas et al. Leggetelo online su: *arxiv.org/abs/2402.04443*

Artemis per la scuola

SCUOLA PRIMARIA "B. BISI"
DI SCORTICHINO (FE)
VIA PROVINCIALE, 165
INAUGURAZIONE 17 MAGGIO 2024
ORE 17:30
DESTINATARI: GIOVANI E ADULTI

Mostra di modelli a tema spaziale dedicata al programma Artemis della NASA e delle principali agenzie spaziali internazionali, il cui obiettivo, nel breve periodo, è il ritorno dell'uomo sulla Luna. I ragazzi della scuola primaria hanno realizzato i vari moduli spaziali utilizzando solo ed esclusivamente materiale di riciclo. Nell'atrio della scuola verrà allestita la rappresentazione del suolo lunare, dove saranno sistemati in esposizione i vari manufatti.
Durante l'inaugurazione saranno presenti, in veste di ospiti d'onore, un addestratore astronautico di un'importante azienda aerospaziale di Torino e un esperto aeronautico, sezione velivoli per la difesa, del gruppo Leonardo.

Spazio alla fantasia

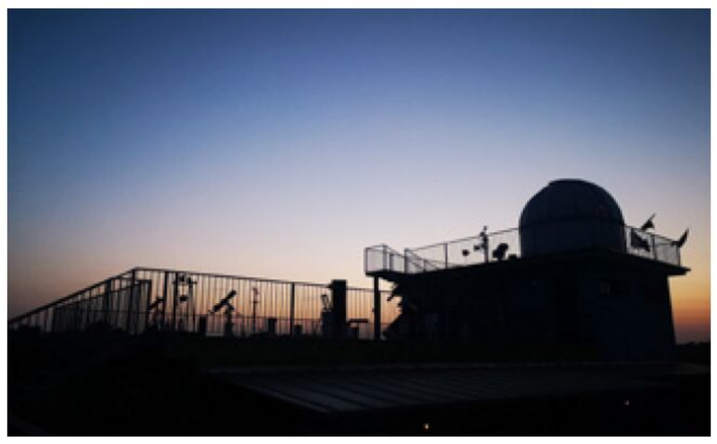
SCUOLA PRIMARIA CESARE BATTISTI DI BONDENO (FE)
VIA GARDENGHI, 3
18 MAGGIO, ORE 10-17; 19 MAGGIO, ORE 10-13
DESTINATARI: GIOVANI E ADULTI

Nell'ampio atrio della scuola primaria di Bondeno verrà allestita una mostra dedicata all'astronautica di ieri, oggi e domani, con l'esposizione di modelli in scala a cura del CMT – Centro Modellistico Torinese. Durante la manifestazione, è prevista la proiezione del documentario *TSV3 Apollo Mission Cosmic Ray*, che vede protagonista il modello in scala 1:6 della capsula Apollo 11, con all'interno i figurini degli astronauti, trasportata da un pallone sonda all'incredibile quota di 33.000 m. Con questa impresa, nel 2019 il gruppo TSA – Turin Space Activities (parte del PVI – Piloti Virtuali Italiani) è entrato nel Guinnes dei Primati. Sempre grazie al gruppo TSA sarà possibile ammirare in una piccola teca alcune micro-meteoriti, parte della coda della cometa 109P/Swift-Tuttle raccolti a 35.000 m tramite un altro pallone sonda: grazie a un sistema elettromeccanico, una volta raggiunta l'altitudine prevista si è aperto un vano al cui interno era presente un gel che ha catturato le polveri. I più giovani (dai 7 ai 12 anni) potranno partecipare a laboratori, durante i quali imparare a costruire con la carta modelli di navicelle spaziali sotto l'abile guida del Mastro di Carta del CMT.
Per gli appassionati di astronomia, l'Associazione Astrofili SADR di Bondeno (FE) renderà disponibile un telescopio solare per l'osservazione della nostra stella.

Meeting Corpi Minori

MONTELUPO (FI)
18-19 MAGGIO 2024

Incontro di appassionati e professionisti per esporre e condividere conoscenze, tecnologie, resoconti e programmazione delle attività con anticipazioni per la ricerca astronomica nel settore. Organizzato dalle Sezioni Comete, Asteroidi e Meteore dell'UAI, si svolgerà all'Osservatorio Astronomico "Beppe Forti", Montelupo (FI), grazie all'ospitalità del Gruppo astrofili di Montelupo Fiorentino.



L'universo in tutti i sensi Festival di astronomia

CASTELLARO LAGUSELLO (MN)
7-9 GIUGNO 2024

La meraviglia che genera il cielo stellato e la bellezza del cosmo fanno da guida in questa quarta edizione del festival, dove l'astronomia si intreccia all'arte, alla letteratura, alla filosofia, alla psicologia e alla musica, accompagnandoci in un affascinante viaggio sulle tracce del tempo. Tutte le attività sono multi-sensoriali e includono non solo elementi visivi, ma anche tattili e sonori. In questo modo tutti i visitatori possono avere equamente accesso alla conoscenza dell'astronomia e scoprire nuovi modi di esplorare l'universo, in tutti i sensi.
www.astronomiacastellaro.oapd.inaf.it/home

StarParty Tecnosky

FELIZZANO (AL)
1 GIUGNO 2024

Consueto appuntamento all'astrobioparco Oasi di Felizzano (AL) con diverse attività durante tutta la giornata. Conferenze, incontri, osservazione pomeridiana del Sole e osservazione del cielo tramite il telescopio dell'osservatorio (Apo TMB 175 e C14), il grande Dobson Ariete da 16", e i telescopi dei partecipanti.
Ci sarà la possibilità di pranzare e cenare al bar della struttura.
Prenotazione obbligatoria. In caso di maltempo l'evento sarà rinviato a sabato 29 giugno.
www.astrobioparcofelizzano.it

PUNTI DI VISTA

Come smacchiare la Luna

Fino al ’600, a partire almeno dai tempi di Platone e di Aristotele, il consenso pressoché unanime era che i corpi celesti fossero perfettamente sferici. Tale credenza era condivisa dai teologi cristiani, per i quali la loro perfezione derivava dall’essere stati creati da Dio. Ma la Terra, allora, con tutte le sue montuosità e avvallamenti, perché non era perfettamente sferica? Be’, la Terra, dovendo ospitare gli uomini, notoriamente imperfetti e anzi alla ricerca di una purificazione che permettesse almeno ai più meritevoli fra loro di essere salvati dal peccato originale, era esente da questa perfezione assoluta.
Almeno fino al Giudizio Universale, quando, come apprendiamo dal maestoso Oratorio Sacro di Georg Friedrich Händel, il “Messia” (o più direttamente dal libro di Isaia):

Ogni valle sarà colmata,
monti e colli saranno abbassati;
il terreno accidentato si trasformerà
in piano e quello scosceso in pianura.

Anche la Luna però creava dei problemi, a causa delle cosiddette macchie lunari. Qualcuno nel popolino ci aveva intravisto la figura di Caino incoronato di spine, secondo la leggenda popolare che voleva che il fratricida, nella sua fuga disperata, fosse addirittura finito sulla Luna! Altri pensavano, non a torto, che tali macchie tradissero la presenza di rilievi orografici, come quelli della Terra.

Ma tale ipotesi era in contraddizione con la dottrina aristotelica e tomistica.

La questione era molto critica dal punto di vista teologico e quindi Dante, appena arriva nel Cielo della Luna (II Canto del *Paradiso*), chiede a Beatrice:

Ma ditemi: che son li segni bui
di questo corpo, che là giuso in terra
fan di Cain favoleggiare altrui?.

Seguendo il metodo platonico (e poi anche galileiano) dell’insegnamento attraverso un dialogo tra docente e discente, Beatrice gli chiede cosa ne pensa lui stesso.

◀ Miniatura di Giovanni di Paolo per *Il Paradiso* di Dante, Manoscritto Yates Thompson 36, XV secolo, British Museum

E Dante risponde citando l’opinione diffusa, ma errata (secondo i teologi contemporanei), che la causa debba essere di natura orografica, cioè lo spessore variabile della Luna a causa di monti e valli:

E io: «Ciò che n’appar qua sù diverso
credo che fanno i corpi rari e densi».

Al che Beatrice risponde demolendo anzitutto la spiegazione di Dante, ma qui, assai più interessante delle argomentazioni che avanza (risibili ai nostri occhi post-galileiani), è la metodologia che propone, e cioè il ricorso alla sperimentazione, uno dei primi casi nella storia del pensiero occidentale:

Da questa instanza può deliberarti
esperïenza, se già mai la provi.

Purtroppo l’esperimento che Beatrice propone non viene realizzato: si tratta, cioè, come si direbbe oggi, solo di un *Gedankenexperiment* (un esperimento immaginato o mentale, che dir si voglia), e di conseguenza le conclusioni raggiunte sono erronee. Cionondimeno, Dante si rallegra della *bella verità* rivelatagli da Beatrice (*Quel sol...*), prima demolendo la sua opinione e poi dimostrando la validità della tesi corretta (con un chiasmo: *provando e riprovando*):

Quel sol che pria d’amor mi scaldò ’l
petto, di bella verità m’avea scoverto,
provando e riprovando, il dolce aspetto.

Il *provando e riprovando* di Dante verrà poi ripreso tre secoli dopo da Galileo con un significato diverso (cioè di provare varie volte, ripetendo gli esperimenti) e diverrà “il manifesto” della nuova scienza.

Un’ultima considerazione: prima dell’invenzione degli strumenti ottici non era possibile osservare gli asteroidi, altrimenti come avrebbe potuto Dante conciliare l’esistenza di questi oggetti, spesso simili più a patate bernoccolute che a sfere perfette, con la presunta perfezione dei corpi celesti?

A proposito di asteroidi, è forse poco noto che uno di essi (il numero 11.059) è stato battezzato con un nome piuttosto strano: “Nullius in verba”. A cosa si deve questo nome insolito? Anzitutto, “Nullius in verba” è il motto della Royal Society, che lo ha adottato in onore del poeta latino Orazio, prendendolo da una frase contenuta in una sua epistola: “*Nullius addictus iurare in verba magistri, quo me cumque rapit tempestas, deferor hospes*” (Non costretto a giurare sulle parole di alcun maestro; dovunque mi trascini la tempesta mi ritrovo ospite).

Considerando che per 2.000 anni la filosofia è rimasta schiava del pensiero di Aristotele, il messaggio di questa frase è estremamente eloquente: la sua proclamazione di indipendenza intellettuale rappresenta una voce più unica che rara nella storia del pensiero occidentale prima di Galileo.

di Pier Paolo Delsanto, Politecnico di Torino

I GRANDI (E PICCOLI) ASSENTI

I pianeti più comuni nella nostra galassia sono "super Terre" e "mini Nettuno", eppure stranamente nel nostro Sistema solare non ce ne sono. **Ezzy Pearson** studia il mistero dei mondi mancanti

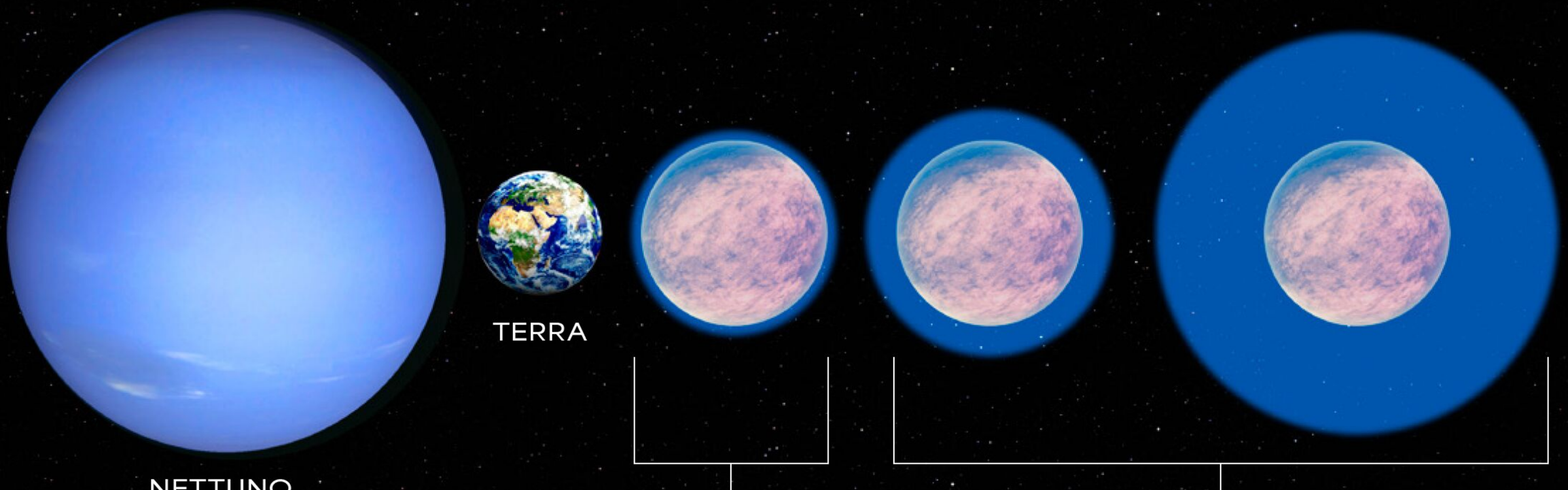
Nel 1992, un gruppo di astronomi stava osservando la pulsar PSR B1257+12. Le emissioni radio delle pulsar hanno di solito un ritmo così regolare da essere definite "orologi cosmici". Ma in questo caso, qualcosa non andava. Di tanto in tanto, l'impulso regolare della pulsar, della durata di 6,22 ms, risultava leggermente sballato.

Dopo un attento studio, gli astronomi Aleksander Wolszczan e Dale Frail si sono resi conto che le irregolarità avevano un loro ritmo. Lo schema corrispondeva perfettamente a ciò che sarebbe accaduto se la pulsar fosse stata disturbata dall'attrazione gravitazionale di una coppia di pianeti. Si tratta della prima prova concreta della presenza di esopianeti in orbita attorno a un'altra stella. La scoperta è stata di per sé un grande risultato, ma il vero shock è arrivato quando si è calcolata la dimensione che i pianeti avrebbero dovuto avere per creare l'effetto osservato: quattro volte la massa della Terra.

"È interessante, perché nel nostro Sistema solare c'è un grande divario", afferma Eliza Kempton, ricercatrice di esopianeti presso l'Università del Maryland. "Abbiamo i piccoli pianeti rocciosi, i grandi pianeti gassosi e non abbiamo nulla in mezzo: c'è un grande salto tra Nettuno e la Terra". ▶

ILLUSTRAZIONE: VICTOR HABBICK VISIONS/ISTOCK/GETTY IMAGES

Poiché i nuovi pianeti sono ormai migliaia, viene da chiedersi: come sono questi mondi e perché sono assenti ingiustificati nel nostro Sistema solare?



La maggior parte dei nuovi pianeti scoperti finora ha dimensioni comprese tra la Terra e Nettuno, le cosiddette “super-Terre” e “mini-Nettuno”

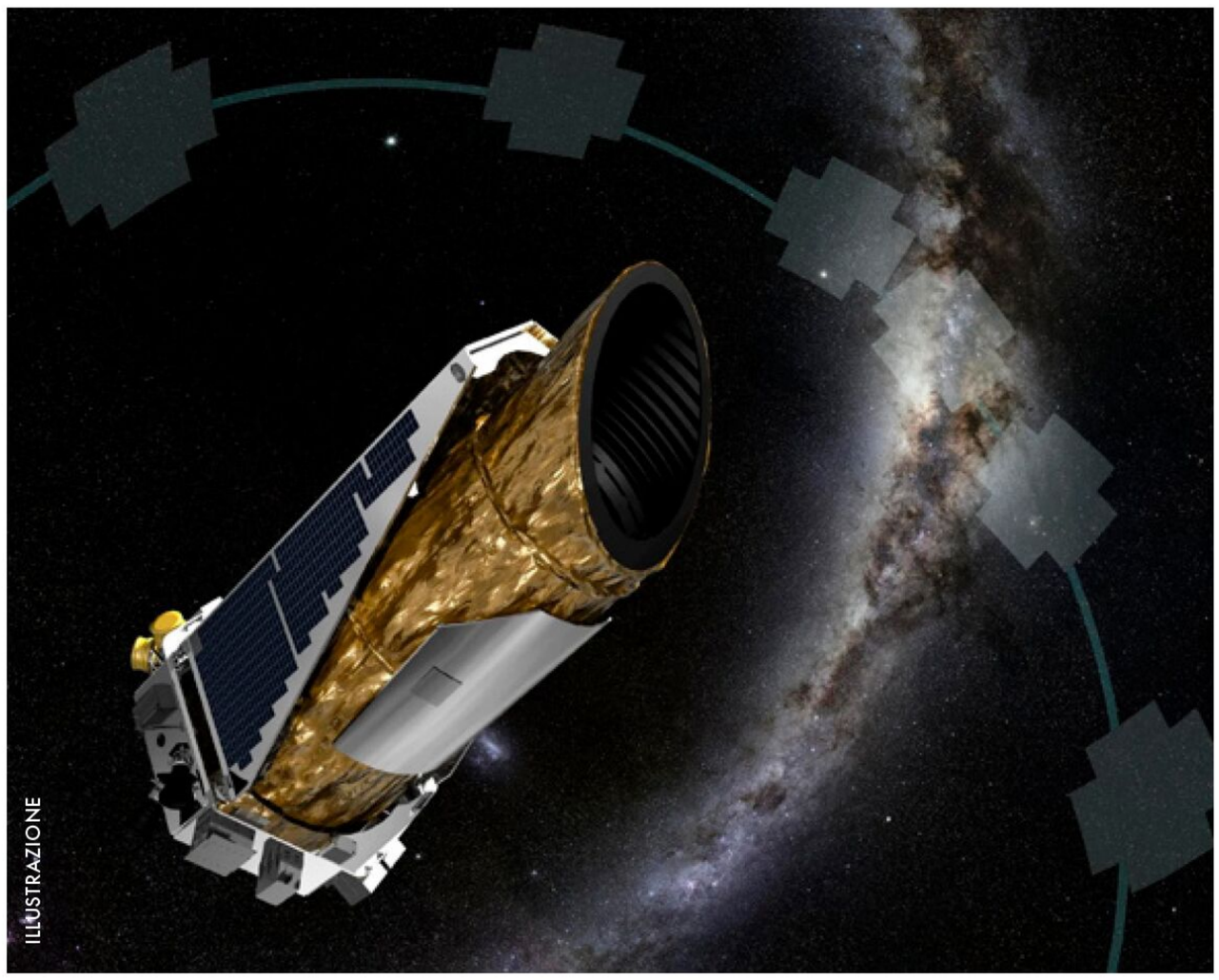
Mind the gap

Visto che Nettuno pesa 17 volte la massa della Terra, manca un’ampia gamma di masse planetarie. Prima della scoperta dei pianeti intorno alla pulsar, la maggior parte delle teorie sulla formazione dei pianeti prevedeva che il salto fosse dovuto all’impossibilità che esistesse qualcosa in questo intervallo. “Fino a quando non abbiamo trovato questi pianeti”, dice Kempton, “la nostra immagine di come si formano i pianeti era naturalmente una descrizione del nostro Sistema solare: si possono formare giganti gassosi, tipicamente lontani dalla stella ospite, e piccoli pianeti rocciosi, più vicini”. La scoperta dei pianeti intermedi ha ribaltato questa teoria.

Via via che venivano individuati altri esopianeti, cominciava a sembrare che il Sistema solare fosse l’eccezione piuttosto che la regola. Nel 2009, il telescopio spaziale Kepler della NASA ha iniziato la sua caccia a nuovi esopianeti, portando il numero di quelli conosciuti da poche centinaia a qualche migliaio. Quando abbiamo cominciato a misurare le loro masse, abbiamo subito capito quanto lacunose fossero le nostre conoscenze per via dell’assenza di questi mondi intermedi.

“Sono i pianeti più comuni”, afferma Kempton. “Non appena abbiamo avuto la possibilità tecnologica di osservarli abbiamo iniziato a trovarne in gran numero, il che ci dice che sono intrinsecamente molto comuni”. Era chiaro che se gli astronomi volevano comprendere il processo di formazione dei pianeti, i mondi intermedi avrebbero svolto un ruolo fondamentale. Non avendo esempi nei dintorni da studiare più da vicino, gli astronomi hanno rivolto la loro attenzione a questa nuova classe, trasformandoli in uno dei temi più caldi della ricerca sugli esopianeti. Poiché sono tutti più grandi del nostro, all’inizio sono stati chiamati collettivamente “super-Terre”, ma via via che se ne scoprivano altri è diventato evidente che i pianeti rientravano in due gruppi distinti.

“Proprio intorno a 1,5 volte il raggio della Terra, c’è un calo nel numero di pianeti che troviamo. Abbiamo un grande insieme di pianeti più piccoli di 1,5 raggi terrestri e poi un altro vasto insieme di pianeti più grandi”, spiega Kempton. La ragione di questo salto diventa più evidente se si considera non solo il raggio di un pianeta, ma anche la sua massa. Da questa si può ricavare la sua densità per avere un’idea di come è fatto il pianeta. “I pianeti più piccoli sono più piccoli perché sono più densi.



ILLUSTRAZIONE

▲ **Il primo cacciatore di pianeti della NASA, Kepler, ha mostrato che là fuori ci sono ancora più pianeti che stelle**

“Via via che si trovavano altri esopianeti, cominciava a sembrare che il Sistema solare fosse l’eccezione piuttosto che la regola”

NASA/ESA/CSA AND STSCI, BRIGHTSTARS/ISTOCK/GETTY IMAGES, TRANSIT ILLUSTRAZIONI: PAUL WOOTTON

Sono fatti di materiale come roccia e ferro, quindi sono super-Terre", spiega Kempton. "I pianeti più grandi hanno invece un'atmosfera di elio a bassa densità che li rende grandi e gonfi". Negli ultimi anni, questa seconda popolazione di pianeti più grandi è diventata nota come "mini-Nettuno" o "sub-Nettuno".

Mondi d'acqua segreti

Mentre in molti casi la densità di un pianeta indica chiaramente che si tratta di un gigante gassoso o di un pianeta terrestre, ce ne sono diversi che si trovano nel mezzo. Qui le distinzioni non sono così nette. Un pianeta con un interno roccioso pesante e un'atmosfera leggera di idrogeno potrebbe avere la stessa densità di un pianeta formato interamente da una sostanza con densità intermedia: l'acqua. Questi pianeti a metà strada potrebbero essere in realtà mondi segreti d'acqua? "Sarebbero costituiti principalmente da acqua, o almeno in gran parte, probabilmente sotto forma di ghiaccio. Potete immaginarli come palle compatte di ghiaccio che forse hanno un'atmosfera di vapore acqueo", spiega Kempton.

Le atmosfere umide potrebbero essere la chiave per distinguere i due tipi di pianeti. Un'atmosfera ricca di idrogeno indica che si tratta di un gigante gassoso, mentre una ricca di vapore acqueo può indicare un pianeta d'acqua.

Fino a poco tempo fa, cercare di capire cosa ci fosse nell'atmosfera di un esopianeta era quasi impossibile. L'analisi poteva essere effettuata solo sui pianeti più grandi, si poteva rilevare solo una gamma ristretta di elementi e i risultati erano nel migliore dei casi incerti. Il James Webb Space Telescope (JWST) ha cambiato le cose. ▶

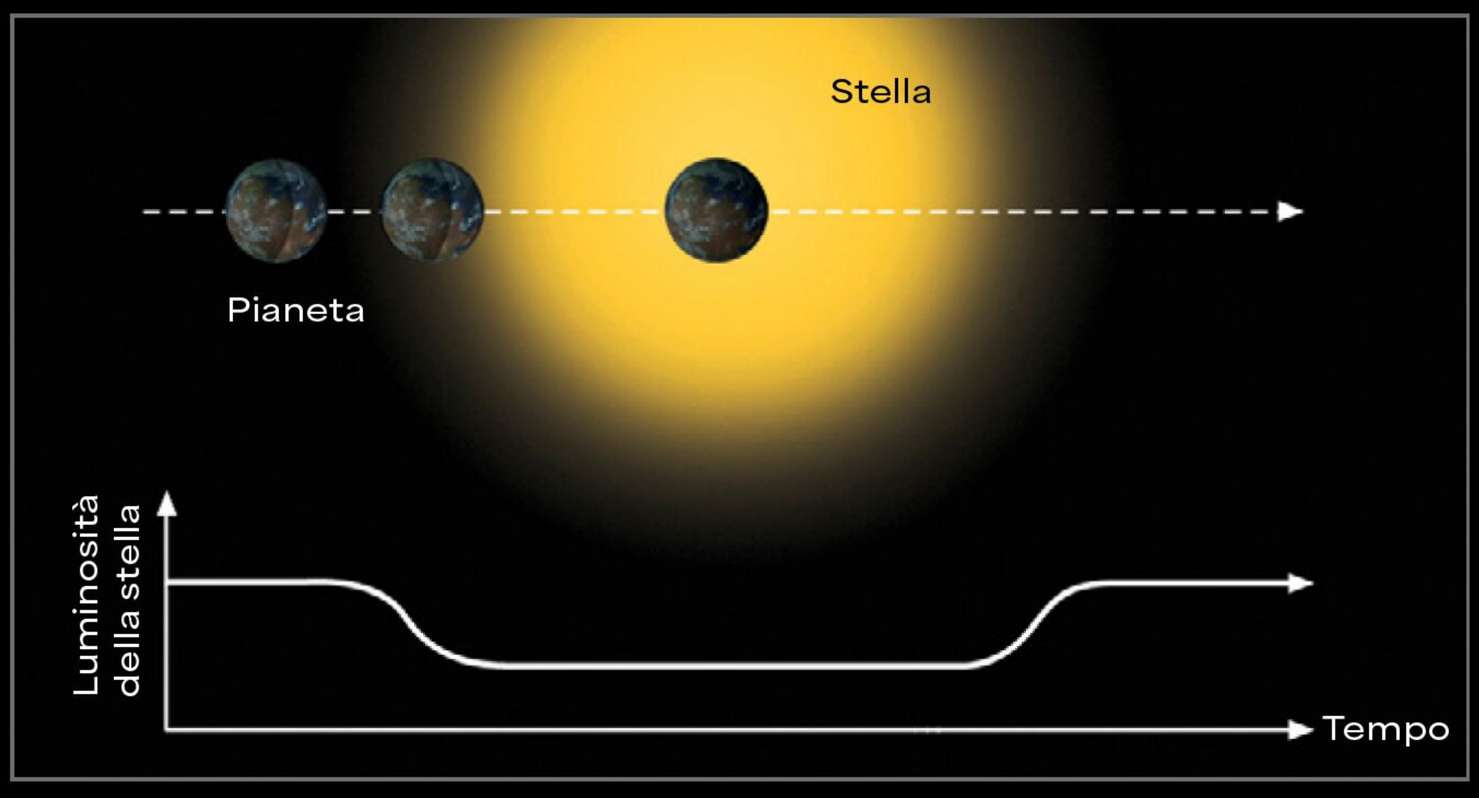
▲ **Una goccia nell'oceano: tra i due tipi di pianeta onnipresenti potrebbero esserci mondi ricchi d'acqua**

ILLUSTRAZIONE

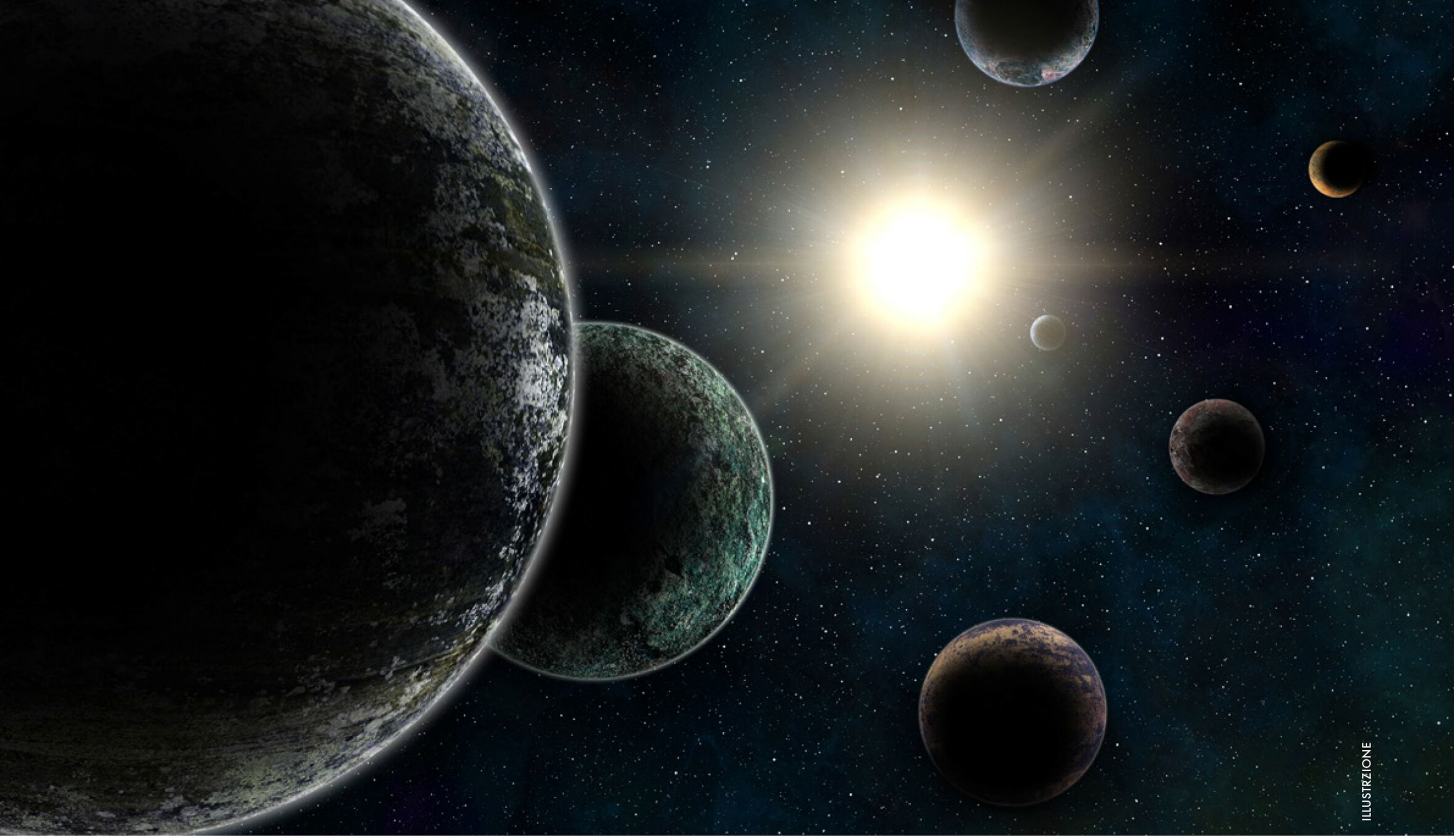
Rintracciare gli esopianeti

Bastano minuscole fluttuazioni della luce stellare per rivelarne la presenza

La maggior parte degli esopianeti viene individuata con il metodo del transito. Gli astronomi monitorano attentamente una stella, alla ricerca di una breve riduzione di luminosità quando un pianeta le passa davanti – transita – intercettando brevemente la sua luce. Il tempo che intercorre tra una riduzione di luminosità e la successiva indica quanto tempo impiega il pianeta a orbitare intorno alla stella e quindi quanto è lontano da questa.
L'intensità della riduzione è determinata dalla quantità di luce che il pianeta blocca e rivela le sue dimensioni fisiche o il suo raggio. Dopo almeno tre transiti, l'oggetto viene classificato come candidato planetario, ma serve ancora una misura della sua massa perché sia confermato come pianeta. A questo scopo, gli astronomi misurano l'effetto dell'attrazione gravitazionale del pianeta sugli altri oggetti del sistema. Se ci sono più pianeti, i loro tempi orbitali saranno leggermente irregolari, perché si attraggono a vicenda. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, gli astronomi devono effettuare osservazioni di follow-up della stella ospite, alla ricerca di segni di una leggera oscillazione dovuta all'attrazione del pianeta. I pianeti possono essere rilevati con il metodo del transito solo se intercettano una quantità di luce sufficiente per essere notati, rispetto al bagliore della stella. Quanto più vicino è un pianeta, tanto più grande è la riduzione di luminosità, il che significa che la maggior parte degli esopianeti in transito ha tempi di orbita di pochi giorni o settimane. Mentre i pianeti più grandi sono più facili da individuare, è possibile rilevare mondi più piccoli a condizione che siano in orbita attorno a stelle più deboli, come le nane rosse.



▲ **Il metodo del transito rileva il lieve calo di luminosità dovuto a un pianeta che passa davanti alla propria stella**



ILLUSTRZIONE

I suoi occhi a infrarossi sono abbastanza sensibili da rilevare la minuscola firma lasciata dalla luce stellare quando attraversa l'atmosfera di un pianeta, mentre transita davanti alla sua stella. Ma anche con l'aiuto di questo incredibile strumento le osservazioni sono tutt'altro che semplici. "Non è ancora del tutto chiaro se abbiamo mai visto un mondo d'acqua", afferma Kempton, "ma abbiamo alcuni indizi che ci fanno pensare alla loro esistenza.

Una delle osservazioni di cui sono co-responsabile riguarda un pianeta chiamato GJ 1214b. È un classico 'mini-Nettuno'. Abbiamo trovato molto vapore acqueo nella sua atmosfera e poco idrogeno gassoso. Ma questo significa che il pianeta è un mondo acquatico? Oppure significa che il pianeta si è formato più come Nettuno, ma ha perso una parte dell'idrogeno nel corso della sua vita?".

A caccia di atmosfere

Un simile destino è più che probabile per GJ 1214b poiché, come la maggior parte dei pianeti intermedi, la sua stella ospite è una nana rossa. "Sono stelle molto attive", continua Kempton. "Hanno molti brillamenti. L'effetto è così intenso che potrebbe privare le 'super-Terre' più piccole della loro atmosfera". Una domanda fondamentale è: le "super-Terre" che vogliamo osservare con JWST hanno un'atmosfera?.

Finora solo una manciata di "super-Terre" è stata studiata con il JWST. La prova più evidente proviene dal sistema TRAPPIST-1, distante circa 40 anni luce, che ospita sette pianeti, due dei quali sono "super-Terre".

"Secondo ogni ragionevole conclusione, il pianeta più interno sembra non avere un'atmosfera", spiega Kempton. "Il pianeta successivo è un po' più incerto. I dati sono coerenti con il fatto che non abbia un'atmosfera spessa, ma c'è ancora una possibilità. Direi che nel prossimo anno, o giù di lì, avremo molti più dati da JWST per molte altre 'super-Terre' che sono un po' più lontane dalle loro stelle ospiti. Forse si scoprirà che hanno un'atmosfera".

Sarebbe certamente utile se almeno alcuni di questi pianeti avessero un'atmosfera, poiché questa gioca un ruolo fondamentale nella ricerca di mondi abitabili. Sia i "mini-Nettuno" che le "super-Terre" potrebbero offrire un'opportunità unica per mettere alla prova la nostra capacità di esaminare questi pianeti. "È un po' più facile caratterizzare le atmosfere di pianeti un po' più grandi", osserva Kempton. "Ci permetterebbe di imparare qualcosa su come considerare i pianeti più grandi e simili alla Terra". Sebbene con ogni probabilità nessuna delle "super-Terre" scoperte finora possa essere un paradiso per la vita – gli stessi brillamenti che ne privano l'atmosfera le inondano anche di radiazioni mortali – è possibile che mondi simili altrove lo siano. Si prevede che

▲ Delle sette "super-Terre" rocciose trovate intorno alla stella nana TRAPPIST-1, alcune potrebbero ospitare più acqua di quanta ne abbiamo sul nostro pianeta

"Solo nella Via Lattea potrebbero esserci decine di miliardi di 'super-Terre' con acqua liquida sulla superficie"

Ezzy Pearson è redattrice di *BBC Sky at Night*. Il suo libro *Robots in Space* è edito da History Press

OORKA/ISTOCK/GETTY IMAGES, PPL58/ISTOCK/GETTY IMAGES, DOTTEDHIPPO/ISTOCK/GETTY IMAGES

ILLUSTRAZIONE

solo nella Via Lattea ci possano essere decine di miliardi di “super-Terre”, in cui il clima è tale da permettere all’acqua liquida di accumularsi sulla superficie. Sulla Terra dove c’è acqua c’è vita, e l’acqua è la prima risorsa che gli astrobiologi cercano su un pianeta potenzialmente abitabile. Alcune simulazioni hanno anche indicato che le “super-Terre” potrebbero avere una vigorosa attività tettonica. Sul nostro pianeta, questo processo è fondamentale per regolare l’atmosfera ed è stato un fattore chiave per evitare un effetto serra incontrollato come quello che si osserva su Venere. Tuttavia, alcuni studi suggeriscono che la maggiore gravità e le grandi pressioni interne potrebbero di fatto impedire l’attività tettonica sulle “super-Terre”. Per dimostrare quale teoria sia quella giusta potrebbe servire un po’ di tempo, perché osservare la superficie di un esopianeta è ancora più difficile che rilevarne l’atmosfera. JWST è in grado di ottenere misure di temperatura, ma così ampie che è possibile vedere solo la differenza tra zona in ombra e zona illuminata, almeno per ora. Trentadue anni fa non sapevamo nemmeno che questi mondi esistessero. Ora siamo in grado di prevedere di cosa potrebbero essere fatti e persino di scavare nelle loro atmosfere. E ogni anno che passa ne sappiamo di più. Dal 2018, il Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) della NASA sta scoprendo una gamma ancora più varia di pianeti, con 7.021 candidati nel momento in cui scriviamo. Forse questi mondi variegati e intriganti ci aiuteranno a colmare il vuoto nelle nostre conoscenze.

▲ Così come l’acqua definisce la vita sulla Terra, è la chiave per la prospettiva di vita sui mondi alieni

Creare un pianeta

Molti esopianeti potrebbero essersi formati lontano dalle proprie stelle per avvicinarsi in seguito

Si pensa che Giove sia migrato dal suo luogo di nascita originario

ILLUSTRAZIONE

Sebbene gli astronomi non siano ancora in grado di distinguere i “mini-Nettuno” dai mondi acquatici, ciò non impedisce loro di formulare teorie su come si siano formati questi due tipi di pianeti.

“Per un pianeta delle dimensioni di un ‘mini-Nettuno’ sono stati proposti diversi percorsi”, spiega Eliza Kempton.

“Si formano effettivamente asciutti, con poco vapore acqueo; oppure hanno un interno fatto di roccia e ferro e un’atmosfera inizialmente ricca di idrogeno. Nel corso del tempo, una parte di questa atmosfera - forse una grande frazione - viene persa. Poi c’è il percorso di formazione dei mondi acquatici. Nascono lontano dalla stella ospite, in un ambiente più freddo e ricco di materiale ghiacciato, che viene incorporato in grande quantità”.

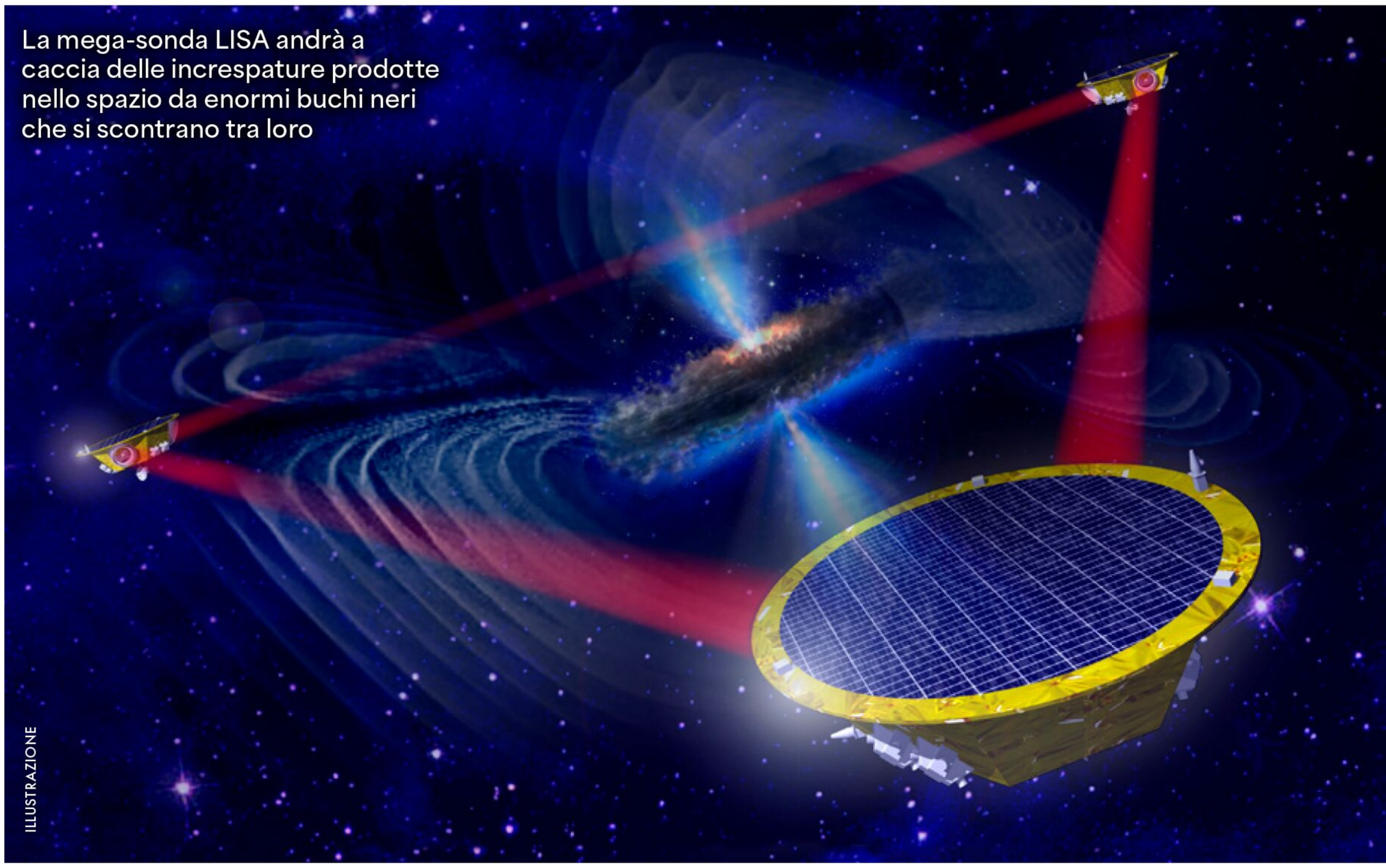
Quando i pianeti crescono, spesso si innesca un rimescolamento gravitazionale, noto come “migrazione”: i pianeti si allontanano o si avvicinano alla loro stella, finendo in un luogo completamente diverso da quello in cui si sono formati. Il processo potrebbe spostare entrambi i tipi di pianeta in orbite più strette intorno alle rispettive stelle, dove è possibile rivelarli grazie ai satelliti a caccia di esopianeti.

Con l’entrata in funzione di una serie di nuovi osservatori terrestri e spaziali, la nostra comprensione dei misteriosi buchi neri sta per passare al livello successivo

Come nascono i BUCHI NERI

Stiamo per scoprire da dove arrivano queste mostruose voragini gravitazionali. **Colin Stuart** indaga

ILLUSTRAZIONE



La mega-sonda LISA andrà a caccia delle increspature prodotte nello spazio da enormi buchi neri che si scontrano tra loro

ILLUSTRAZIONE

Tra qualche anno un razzo squarcerà il cielo notturno, illuminandolo di profonde sfumature cremisi. Trasporterà un carico astronomico estremamente prezioso: l'interferometro spaziale LISA (Laser Interferometer Space Antenna), un'audace impresa ingegneristica che ha richiesto decenni di preparazione. Una volta nello spazio, tre sonde identiche si disporranno ai vertici di un triangolo ideale, lontane 1 milione di chilometri una dall'altra, alla ricerca di risposte a uno dei più profondi misteri dell'universo: da dove vengono i buchi neri? "Un buco nero è una zona densa dello spazio da cui nulla può sfuggire", spiega Sean McGee, dell'Università di Birmingham. Un buco nero è il figlio ribelle dell'universo, l'estremo finale. "Sono una zona speciale della fisica", continua McGee. "La nostra comprensione dell'universo potrebbe crollare nel loro ambiente estremo".

Dettaglio ancora più importante, i buchi neri danno forma a gran parte di ciò che serve alle galassie per formarsi e per iniziare a formare le stelle. Senza di loro non saremmo qui. Capire la storia dei buchi neri significa capire la nostra storia. Si pensa che ogni galassia abbia al suo centro un buco nero supermassiccio (SMBH, supermassive black hole). Questi colossi raggiungono una massa pari a milioni e persino miliardi di volte quella del Sole. Sembrano essere apparsi solo 300.000 anni dopo il Big Bang. Un esordio così precoce mette gli astronomi di fronte all'equivalente cosmico dell'uovo e della gallina: tra stelle e buchi neri, chi è arrivato prima? "Non abbiamo una risposta definitiva", sostiene Sandra De Jesus Raimundo, dell'Università di Southampton. "I buchi neri sembrano avere inizio da una sorta di seme".

Piccoli semi

Il primo contendente sono i cosiddetti semi "leggeri". Nell'universo moderno, i buchi neri si formano attraverso la morte di stelle massicce.

Le stelle esplodono come supernove al termine della loro vita e poi i loro nuclei collassano in quelle botole gravitazionali che chiamiamo "buchi neri". Le supernove fanno schizzare via il materiale al 10% della velocità della luce, prima che il buco nero si formi completamente, ed è per questo che il materiale espulso può superare l'abbraccio gravitazionale del buco nero. Ma per far quadrare le dimensioni gigantesche dei buchi neri osservati nell'universo primordiale, Raimundo afferma che le stelle responsabili avrebbero dovuto pesare tra 1.000 e 10.000 volte la massa del Sole.

"È una massa superiore a quella delle stelle che vediamo oggi", afferma. La stella più grande che conosciamo ha una massa non superiore a 300 volte quella del Sole. È una differenza non da poco. Un'alternativa è che le prime generazioni di stelle si siano trasformate in supernove incredibilmente in fretta e che in seguito tanti piccoli buchi neri si siano fusi insieme. "Ci vorrebbero però molte fusioni", aggiunge McGee. Sarebbe possibile solo in regioni estremamente dense dell'universo primordiale, dove le stelle sono così vicine tra loro ▶

VITACOPSISTOCK/GETTY IMAGES, EADS ASTRIUM

MARK GARLICK/SCIENCE PHOTO LIBRARY/ISTOCK/GETTY IMAGES, ESA/HUBBLE/ESO/M. KORNMESSER, OPTICAL: DSS/ILLUSTRAZIONI: NASA/CXC/M.WEISS, CHRISTIAN OFFENBERG/ALAMY STOCK PHOTO

ILLUSTRAZIONE

I buchi neri nell'universo primordiale sono sorprendentemente massicci. La spiegazione potrebbe essere rappresentata da tanti piccoli buchi neri che si fondono rapidamente?

che le fusioni innescano altre fusioni, in un processo inarrestabile. Possibile, ma non necessariamente frequente. Esiste anche la possibilità che i primi buchi neri si siano formati molto prima, nei primissimi secondi dell'universo. I cosiddetti "buchi neri primordiali" (PBH, primordial black holes) avrebbero avuto dimensioni minuscole, ma massa gigantesca. Un PBH delle dimensioni di un atomo peserebbe comunque quanto il Monte Everest. é una delle opzioni prese in considerazione per la vera natura della materia oscura, la misteriosa colla gravitazionale che sembra legare insieme galassie e ammassi di galassie. Se i PBH si sono formati subito dopo il Big Bang, allora potrebbero essere cresciuti in modo significativo grazie alle fusioni avvenute nelle prime centinaia di millenni dell'universo.

Anatomia di un buco nero

Un buco nero non è solo una gigantesca palla nello spazio

Orizzonte degli eventi

La distanza dalla singolarità che rappresenta il punto di non ritorno. Tutto ciò che supera l'orizzonte degli eventi, persino la luce, rimane intrappolato all'interno. Da qui la parte "nera" del suo appellativo.

Sfera di fotoni

La luce emessa dal disco di accrescimento viene piegata dalla gravità del buco nero, formando un anello luminoso, noto come "sfera di fotoni", intorno all'ombra scura.

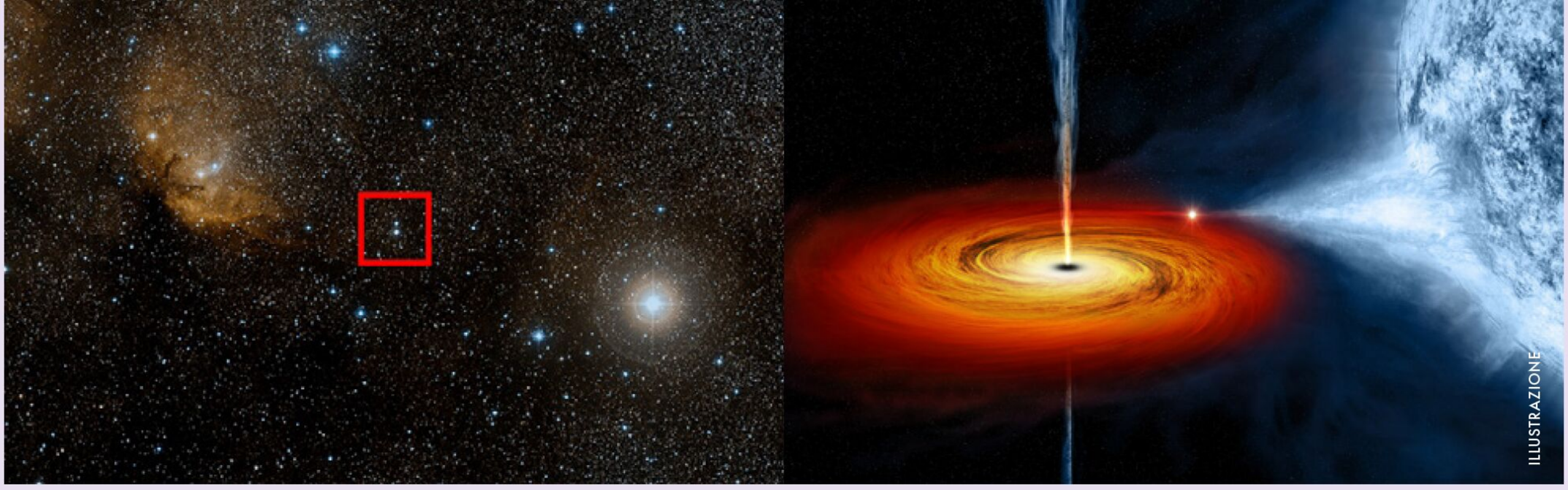
Disco di accrescimento

Disco rotante di gas e polvere in orbita attorno ad alcuni buchi neri. Ruota così rapidamente che può surriscaldarsi, provocando un bagliore in tutto lo spettro elettromagnetico, tra cui raggi X, luce visibile, raggi infrarossi e onde radio.

Singolarità

Il centro del buco nero, che contiene tutta l'energia e la materia che cadono al suo interno, collassa formando una regione di densità infinita. In questa regione le leggi della fisica che conosciamo non valgono più.

ILLUSTRAZIONE



▲ A sinistra: il punto in cui è stato individuato il primo buco nero, Cygnus X-1 - o meglio, la sua gigantesca impronta a raggi X - nel 1964. A destra: un'illustrazione artistica

La scoperta dei buchi neri

Non potendoli osservare direttamente, per confermare la loro esistenza ci sono voluti decenni

Il primo oggetto ampiamente accettato come buco nero è noto come Cygnus X-1. Come suggerisce il nome, si tratta di una sorgente di raggi X nella costellazione del Cigno.
I raggi X non penetrano l'atmosfera terrestre: gli astronomi hanno potuto scoprirlo attraverso un razzo lanciato ai confini dello spazio, nel 1964. Il sistema in questione ospita una stella supergigante nota come HDE 226868. Ma una stella da sola non poteva produrre le enormi quantità di raggi X percepite. Osservazioni più accurate, all'inizio degli anni Settanta, hanno rivelato l'influenza di un compagno nascosto che muove i fili invisibili della marionetta: un buco nero.
Non è stato subito evidente. Cygnus X-1 è stato oggetto di una scommessa tra Kip Thorne, che sosteneva l'esistenza di un buco nero, e Stephen Hawking, che sosteneva il contrario. La scommessa si risolse a favore di Thorne solo nel 1990, ma a tutt'oggi esistono solo prove indiziarie dell'esistenza di un buco nero nel sistema Cygnus X-1.
La prima prova diretta dell'esistenza dei buchi neri si è avuta quando il team LIGO ha rilevato le prime onde gravitazionali provenienti da buchi neri in collisione nel 2015. Nel 2019 è seguita la prima fotografia di un buco nero, o meglio della sua ombra. Una rete di radiotelescopi in tutto il mondo è stata in grado di catturare la luce piegata intorno al buco nero supermassiccio nel cuore di M87, risultato che è stato replicato poche settimane fa a partire da una nuova serie di dati (vedere il notiziario a pagina 10).

"Siamo all'alba di una nuova era, proprio come l'ondata di scoperte che seguì l'invenzione del telescopio"

▲ Il rilevatore di onde gravitazionali LIGO cattura le fusioni di buchi neri di piccole dimensioni, ma si lascia sfuggire i buchi più grandi

Collasso di nubi

Quelli descritti finora sono tutti scenari "dal basso": piccoli buchi neri che si trasformano gradualmente in buchi neri più grandi. L'altro gruppo di teorie si basa su un seme "pesante", o su un cosiddetto scenario di collasso diretto, "dall'alto". In questo scenario, vaste nubi di idrogeno primordiale si sarebbero piegate sotto il loro stesso peso, condensando e aumentando la propria forza gravitazionale fino a quando nulla avrebbe più potuto sfuggire alle loto grinfie. Non abbiamo però alcuna prova che il processo sia realmente avvenuto, perchè stiamo parlando di eventi molto lontani nel tempo ed estremamente distanti. "Abbiamo bisogno di strumenti incredibilmente potenti", dice Raimundo.

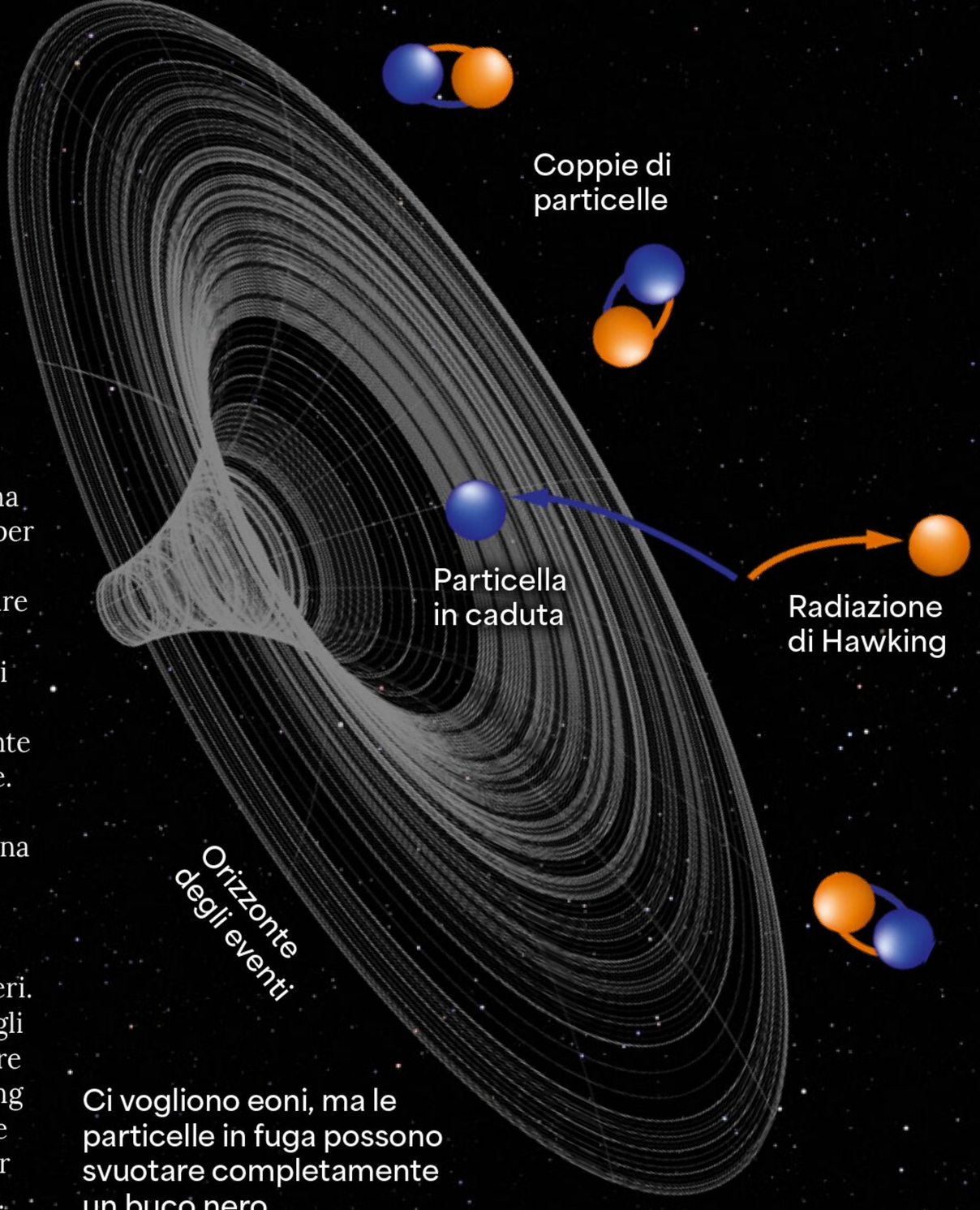
Ed ecco LISA. Anche se il lancio non è previsto prima del 2030, rappresenterà una svolta nella nostra capacità di affrontare queste domande. LISA è un osservatorio di onde gravitazionali, le increspature nel tessuto stesso dell'universo messe in moto da eventi catastrofici come la fusione di buchi neri. L'astronomia delle onde gravitazionali è ancora agli albori, la prima rilevazione è avvenuta solo nel 2015. Siamo all'alba di una nuova era, proprio come l'ondata di scoperte che seguì l'invenzione del telescopio 400 anni fa. Dato il numero di fusioni rapide necessarie per costruire i buchi neri supermassicci che vediamo, nell'universo dovrebbe risuonare una silenziosa sinfonia di onde gravitazionali: un fondo di onde gravitazionali che rivaleggia con il più famoso fondo cosmico a microonde, l'eco del Big Bang. Al momento, però, non abbiamo microfoni per ascoltare tutti i membri dell'orchestra. I rilevatori di onde gravitazionali terrestri di cui disponiamo - come LIGO e VIRGO - sono sensibili alle fusioni di buchi neri più piccoli. Nel 2023, una collaborazione internazionale di astronomi, utilizzando 15 anni di dati che cronometrano con precisione i "battiti ▶

I buchi neri possono morire?

Particelle minuscole potrebbero sfuggire e consumare anche i buchi neri più grandi

Secondo le teorie di Stephen Hawking, i buchi neri non esisteranno per sempre. Al contrario, evaporeranno lentamente emettendo la cosiddetta "radiazione di Hawking". Ecco che cosa potrebbe accadere secondo gli astronomi intorno all'orizzonte degli eventi, il confine tra il punto in cui si può vincere la gravità del buco nero e quello in cui si è costretti a cedere. Secondo la fisica quantistica, coppie di particelle emergono e svaniscono di continuo. L'idea geniale di Hawking è stata immaginare che questo processo si svolga all'orizzonte degli eventi, in modo che le particelle della coppia appaiano sui due lati opposti.

Una sarebbe libera di fuggire, ma l'altra rimarrebbe intrappolata per sempre. Le particelle in fuga potrebbero combinarsi, a formare particelle di luce nella regione appena fuori dall'orizzonte degli eventi. Nel corso del tempo, il buco nero perderebbe lentamente questa energia e scomparirebbe. "Lentamente" è però un eufemismo. Un buco nero con una massa pari a quella del Sole impiegherebbe 10^{67} anni per evaporare completamente. Corrisponde a 1 seguito da 67 zeri. Per i buchi neri supermassicci, gli anni necessari potrebbero essere 10^{100}. Ma la radiazione di Hawking non è ancora stata confermata e l'evaporazione dei buchi neri per ora rimane un processo teorico.



Ci vogliono eoni, ma le particelle in fuga possono svuotare completamente un buco nero

cardiaci" di decine di pulsar, ha ascoltato le onde provenienti dalla collisione di buchi neri supermassicci. Ma questo lascia un enorme vuoto tra i due estremi dimensionali. Se vogliamo apprezzare il "concerto" completo ci serve LISA. Se i buchi neri supermassicci si sono davvero formati in fasi successive, allora dovrebbero essere rimasti alcuni buchi neri di media grandezza che non hanno finito per fondersi in SMB. Gli astronomi li chiamano buchi neri "di massa intermedia", con masse comprese tra 100 e 10.000 volte la massa del Sole. Ma finora gli astronomi ne hanno trovati sorprendentemente pochi. Esistono davvero? Forse stiamo per scoprirlo. "Rubin ne troverà molti", dice McGee. Con l'avvio della piena operatività, prevista per l'estate del 2025, l'osservatorio Vera C. Rubin dispone della più grande camera digitale mai costruita. Dal deserto di Atacama, in Cile, passerà in rassegna l'intero cielo dell'emisfero meridionale

L'enorme fotocamera da 3,2 gigapixel dell'Osservatorio Vera C. Rubin (in foto) darà la caccia agli sfuggenti buchi neri di media grandezza

GETTY, BRUNO C. QUINT, JACQUELINE RAMSEYER ORRELL/SLAC NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY, NRAO/AUI/NSF/NASA, ESA

ILLUSTRAZIONE

I getti ad alta velocità prodotti da una sfortunata stella di passaggio mentre viene fatta a pezzi sono un modo per individuare la presenza di un buco nero

Colin Stuart (@skyponderer) è autore e divulgatore in astronomia. Potete scaricare un suo e-book gratuito su *colinstuart.net/ebook*

ogni tre notti. Tra i fenomeni di cui andrà a caccia ci sono gli eventi di distruzione mareale (TDE, tidal disruption events), nome dato al processo con cui un buco nero, con la sua immensa attrazione gravitazionale, fa a pezzi una stella. "Si crea un brillamento che possiamo osservare e dal quale possiamo ricavare la massa del buco nero", dice McGee. Si potrebbero così individuare i buchi neri di massa intermedia, troppo tranquilli per essere visti. Si stima che siano 40 trilioni (40 miliardi di miliardi) quelli nascosti nell'ombra celeste.

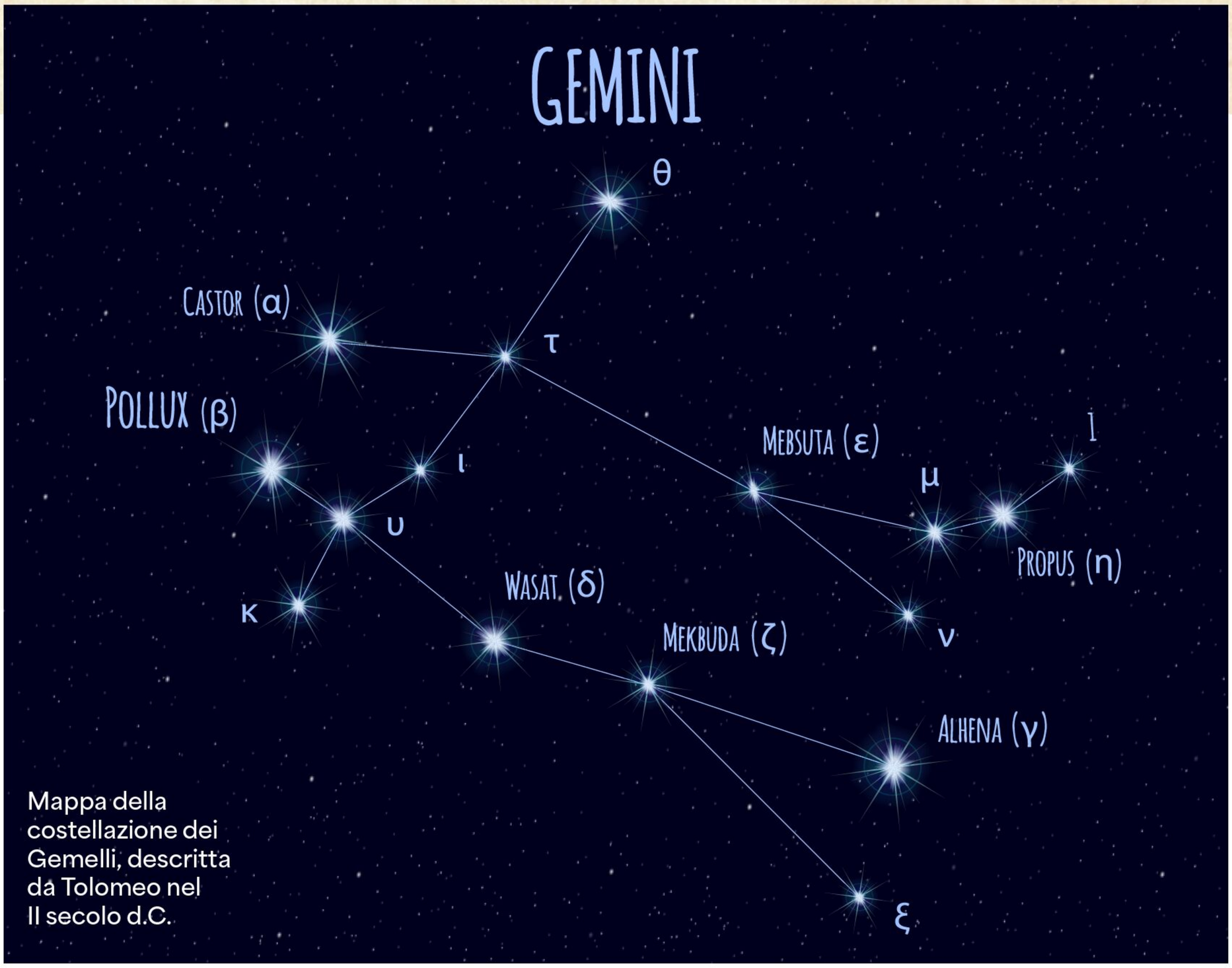
Frenesia alimentare

L'interazione tra un buco nero e stelle e gas che lo circondano è una parte importante del loro meccanismo di crescita. Alcuni SMBH sono così impegnati che gli astronomi li definiscono "attivi". Si stanno "ingozzando" di materiale stellare, facendo vorticare i detriti nei dischi che li circondano e che si surriscaldano emettendo intense radiazioni in tutto lo spettro elettromagnetico. Il processo è noto come "accrezione". Raimundo ha indagato per capire come mai alcuni SMBH siano attivi mentre altri, come quello della nostra Via Lattea, sono silenziosi. "Abbiamo esaminato le galassie con gas non allineato", spiega. In una galassia tipica le stelle ruotano intorno al SMBH come i pianeti orbitano intorno al Sole. Il gas non allineato è materiale all'interno della galassia che ruota in direzione opposta alle stelle. "Si crea quando c'è un qualche tipo di interazione tra la galassia e il suo ambiente esterno", spiega Raimundo. La galassia potrebbe strappare gas da una galassia vicina o attirarlo dallo spazio intergalattico. Lo sfasamento tra la rotazione del gas e la rotazione delle stelle fa sì che il gas perda energia, si muova a spirale verso il centro della galassia e alimenti il buco nero. "La fase successiva dello studio consiste nello scoprire quanta parte della crescita di un buco nero è dovuta a questo gas non allineato", spiega Raimundo. C'è un altro modo per scoprirlo. Il nuovo osservatorio spaziale NewAthena (Advanced Telescope for High-Energy Astrophysics) dell'Agenzia Spaziale Europea, il cui lancio è previsto per il 2035, cercherà i raggi X prodotti dall'accrezione dei buchi neri.

Avremo così gli strumenti per capire se i buchi neri supermassicci crescono prevalentemente per fusione o per accrezione. "I due nuovi osservatori ci aiuteranno a costruire il quadro d'insieme", dice McGee. "Sono davvero ottimista sul fatto che riusciremo a venirne a capo e non ne parleremo più come di un mistero di lunga data", conclude McGee. "Forse potremo finalmente capire meglio da dove veniamo".

L'osservatorio a raggi X NewAthena dell'ESA cercherà i buchi neri che stanno attivamente divorando materiale stellare

ILLUSTRAZIONE



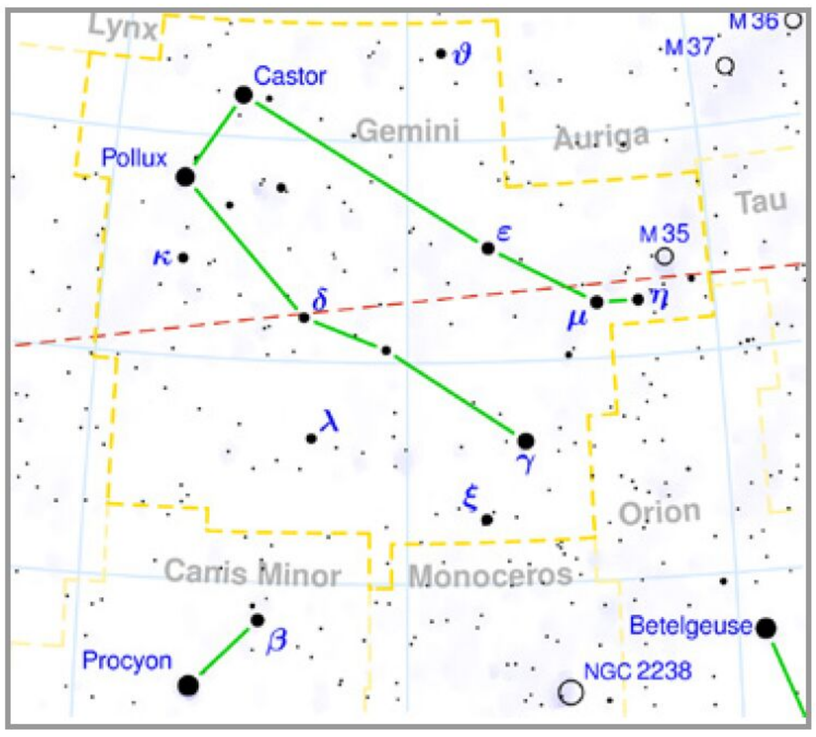
Mappa della costellazione dei Gemelli, descritta da Tolomeo nel II secolo d.C.

Grecia, India, Cina, Maya: a ogni cultura il suo cielo

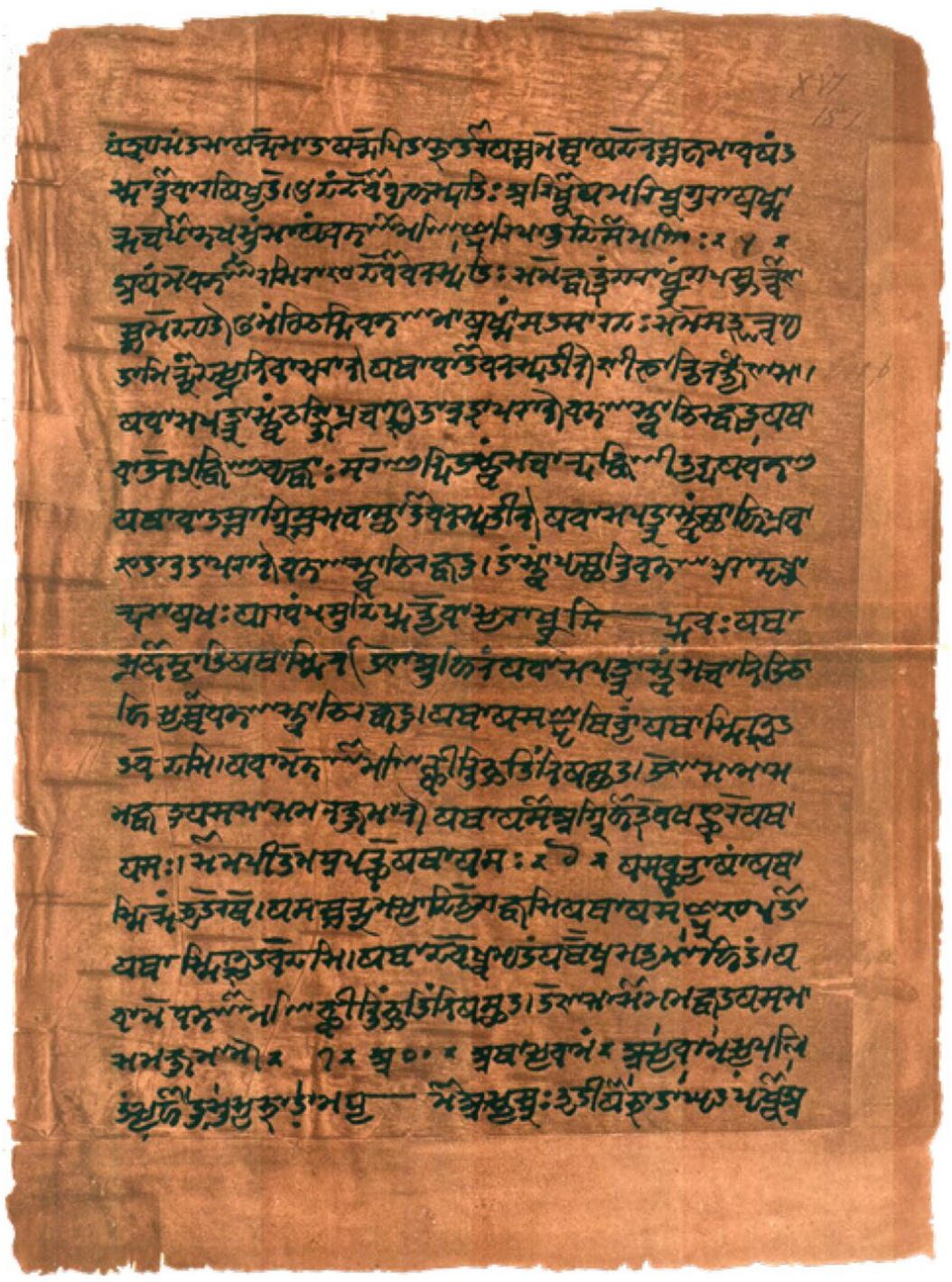
Di **Pier Paolo Delsanto**

C'è però una costante: il legame con la religione e la ritualità, fondate su osservazioni e misure incredibilmente precise

Sei Vergine? La domanda ovviamente non ha nulla a che vedere con attività sessuali passate o in fase di progetto. Il riferimento è al segno zodiacale e alla moda, da parte di molti, di trarne auspici sulle vicende future. Allo scopo di discutere l'attendibilità di tali oroscopi, ricordiamo anzitutto il significato della parola "costellazione". Prima dell'avvento dei telescopi e dei moderni osservatori, era impossibile stimare, sia pure in modo molto approssimativo, la distanza delle stelle dalla Terra e fra di loro. Così le stelle visibili a occhio nudo vennero

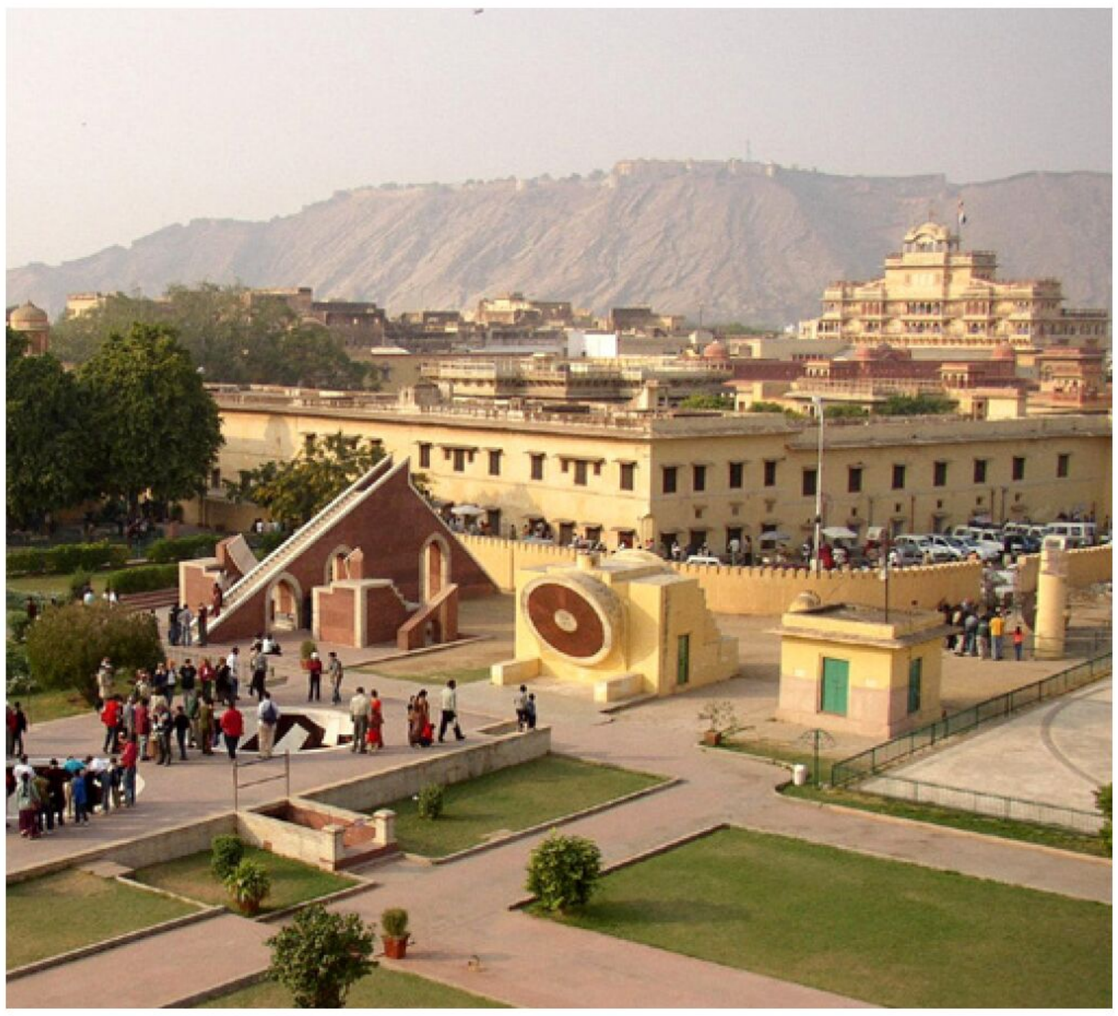


▶ **Rappresentazione schematica della costellazione dei Gemelli, ottenuta unendo con una linea verde in modo arbitrario le stelle più brillanti di una data regione del cielo**



◀ Una pagina dei *Vedas*, una collezione di testi in sanscrito prevalentemente religiosi risalenti a circa 3.000 anni fa

▼ L'osservatorio astronomico di Jantar Mantar, Jaipur, India, completato nel 1734



divise arbitrariamente in gruppi che ricordavano oggetti reali o mitologici. Questa suddivisione in costellazioni variava secondo il capriccio e la cultura delle diverse popolazioni.

L'attuale suddivisione in 88 costellazioni nel mondo occidentale risale agli antichi greci, che avevano individuato 48 costellazioni; altre 40 vennero aggiunte fra il XV e il XVIII secolo, man mano che l'esplorazione dell'emisfero australe procedeva. 12 antiche costellazioni appartengono tradizionalmente al cosiddetto Zodiaco, le cui origini risalenti all'astronomia babilonese si perdono nel tempo. Prendiamo il caso della costellazione dei Gemelli. Nel suo schema, volendo, si possono intravedere le silhouette di due figure umane, che diventano in altre rappresentazioni due fanciulli, identificati secondo la mitologia greca in Castore e Polluce. Evidentemente all'epoca si sapeva poco di genetica: secondo la mitologia, i due gemelli erano figli di Leda, regina di Sparta, ma Castore era figlio legittimo del re di Sparta, mentre Polluce era figlio di Zeus e quindi immortale. Quando Castore stava morendo, Polluce, oltremodo afflitto, chiese a Zeus di rendere immortale anche il fratello e Zeus lo esaudì, trasformandoli entrambi nelle stelle della costellazione suddetta. Nel XXII Canto del *Paradiso* Dante, nato appunto sotto il segno dei Gemelli, immagina di arrivarci e di scrutare di lassù la Terra:

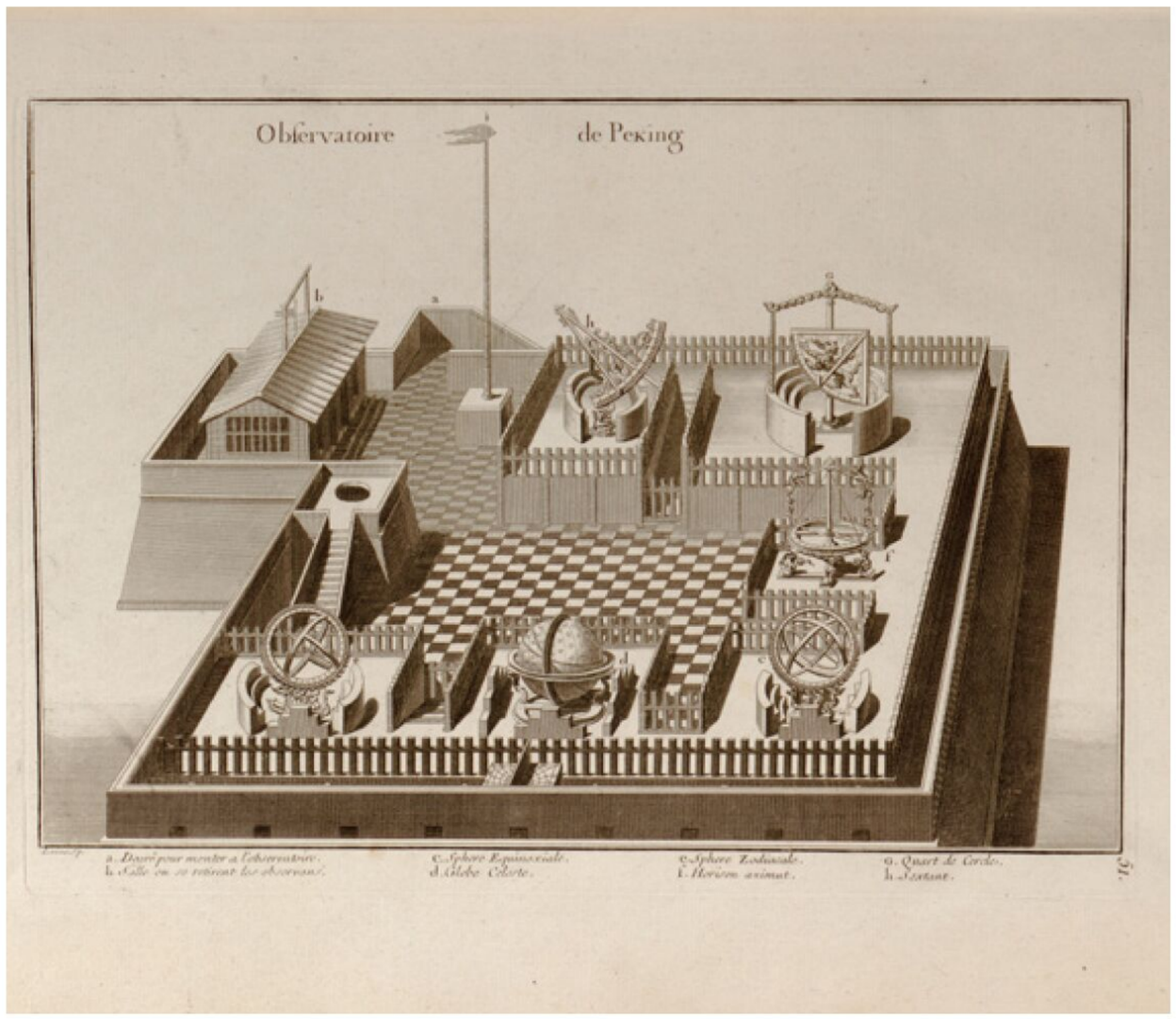
L'aiuola che ci fa tanto feroci,
volgendom' io con li etterni Gemelli,
tutta m'apparve da' colli a le foci.

Ma tutto questo significa ben poco per noi "moderni" (anche se ancora "feroci"). Tutt'al più possiamo ammirare la fantasia dei greci, paragonandola forse a quella di Michelangelo, quando intravide la figura di Mosè in un blocco informe di marmo. Oggigiorno sappiamo che le stelle, anziché essere incastonate sulla superficie di una sfera, con al centro la Terra, sono distribuite in uno spazio immenso e riunite in miliardi in galassie, e non costellazioni, con le galassie a loro volta raggruppate in innumerevoli ammassi. Quindi che senso possono avere le costellazioni e gli oroscopi basati su di esse?

IN INDIA

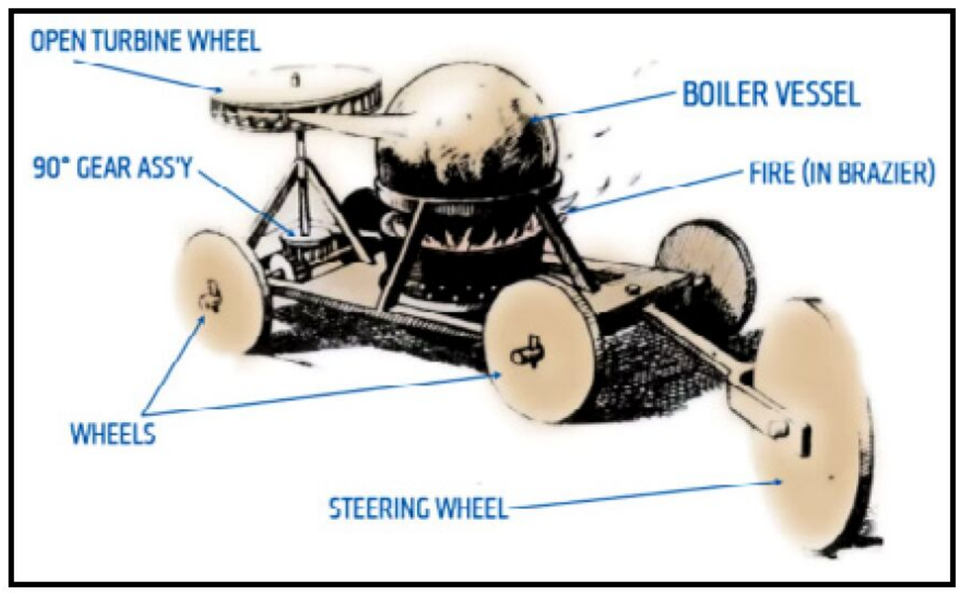
Diamo un'occhiata a cosa era l'astronomia in altre civiltà. Cominciando dall'India, troviamo che già negli antichi *Vedas* (circa 1000 a.C.) erano mescolate ai testi più prettamente religiosi anche interessanti intuizioni ▶

Pier Paolo Delsanto,
Politecnico di Torino



◀ L'osservatorio di Pechino ricostruito da padre Ferdinand Verbiest in un disegno di fine Seicento

▼ La macchina a vapore di padre Ferdinand Verbiest



cosmologiche. Ma l'apice dell'astronomia indiana fu toccato nel VI secolo d.C. con il grande matematico Aryabhata (476-550 d.C.), il cui trattato precede alcune scoperte in campo matematico e astronomico del mondo occidentale: per esempio, il calcolo del valore di π calcolato con 4 cifre decimali (3,1416), la ellitticità delle orbite planetarie e la misura della durata di un anno solare con un errore di soli 3 minuti. Le scoperte teoriche di Aryabhata e seguaci stimolarono lo sviluppo di una controparte sperimentale. Da qui la costruzione del Jantar Mantar, un complesso di 19 strumentazioni astronomiche volute dal re Sawai Jai Singh II, il fondatore di Jaipur, Rajasthan. Il Jantar Mantar, recentemente dichiarato Patrimonio dell'umanità dall'UNESCO, permetteva le più accurate osservazioni astronomiche mai effettuate a occhio nudo.

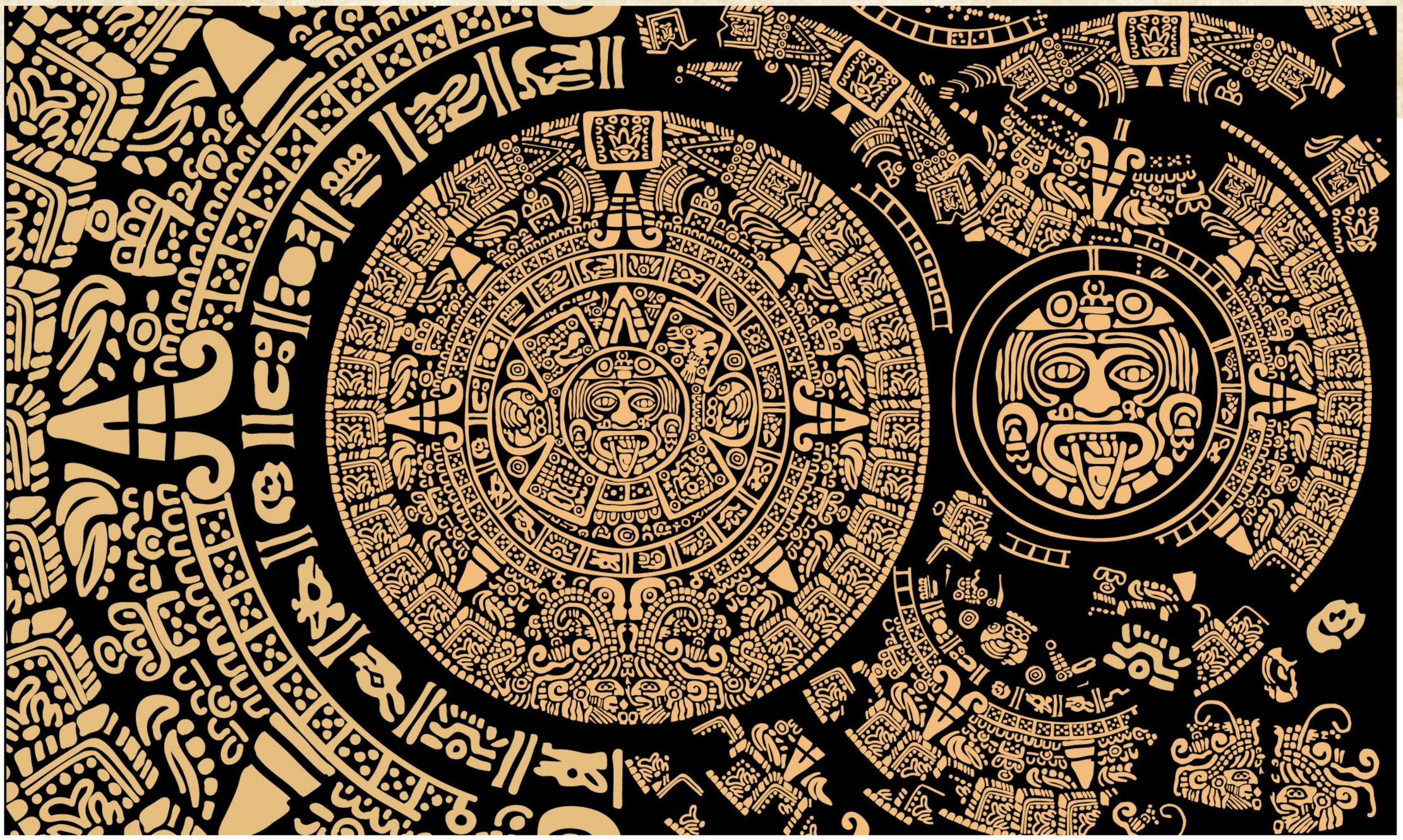
È interessante notare che l'astronomia indiana ha fortemente influito sullo sviluppo della meccanica celeste araba, che a sua volta ha fortemente contribuito alla rinascita dell'astronomia europea. La "globalizzazione" esisteva già allora, ma a un ritmo estremamente più lento che ai nostri tempi.

IN CINA

Neppure in una ricapitolazione così sommaria come la nostra è possibile omettere un breve cenno all'astronomia cinese, anch'essa con una storia di più di 3.000 anni. Qui, al posto delle 48 antiche costellazioni abbiamo 28 *mansioni,*

▲ Ritratto di padre Ferdinand Verbiest, a cui si deve la ricostruzione dell'antico osservatorio di Pechino

studiate con le più accurate osservazioni mai effettuate prima dell'avvento dell'astronomia araba. Una nuova forte spinta in avanti avvenne molto più tardi, quando vari illustri studiosi indiani presero residenza nella capitale cinese e iniziarono a collaborare coi colleghi cinesi. Un ulteriore grande progresso ebbe luogo con l'arrivo dei Gesuiti e l'avvio delle loro missioni. Da non dimenticare è il missionario belga padre Ferdinand Verbiest (1623-688), noto in Cina



▲ **Riproduzione di un calendario Maya**

come *Nan Huairen,* al quale l'imperatore della Cina chiese di ricostruire l'antico osservatorio di Pechino. Padre Verbiest era un "Leonardo da Vinci cinese": oltre alle sue attività come astronomo e matematico (tra cui la riforma del calendario cinese), fu cartografo, autorevole diplomatico e ideatore del primo veicolo a motore.

ASTRONOMIA MAYA

In ultimo occorre menzionare l'astronomia Maya nell'America Centrale. Laggiù, come in tutte le civiltà antiche, l'astronomia era strettamente connessa alla religione, dato che i preti Maya si ispiravano al cielo per avere una guida nella vita quotidiana. Utilizzavano osservazioni dell'orizzonte per tracciare i movimenti complessi dei corpi celesti, che poi raccoglievano in *codici,* che servivano per compilare calendari molto sofisticati.

Usando le informazioni acquisite, erano in grado di calcolare con un livello sorprendente di accuratezza le eclissi, e di calcolare le orbite della Luna e di Venere. Ancora oggi sorprendente per i turisti che visitano le zone archeologiche è vedere la precisione con cui gli edifici cerimoniali erano allineati, in modo tale che i raggi del sole passassero sempre ogni anno per gli stessi fori nello stesso giorno. Le osservazioni astronomiche dei Maya erano cruciali non solo per la pianificazione delle cerimonie religiose, ma anche per l'organizzazione di eventi pubblici, come le successioni dei regnanti. Non c'era una vera distinzione fra i due tipi di eventi dato che, nella loro complessa mitologia, tutto ruotava intorno alla ripetizione di cicli di creazione e distruzione.

Lo scopo ultimo delle cerimonie religiose era evitare la completa annichilazione della Terra e per tale formidabile ragione le cerimonie includevano sacrifici umani con aggiunta di torture e automutilazioni. Tutto era considerato un piccolo prezzo da pagare per la preservazione dell'umanità. Spesso la stessa immolazione era desiderata come un privilegio, perché si credeva che il sacrificio conferisse immortalità alla vittima. L'orrore di queste brutalità non deve stupirci, perché purtroppo sono comuni a quasi tutte le civiltà. Ancora oggi nel nome di Dio vengono condotte guerre e commesse atrocità. Lo vediamo ogni giorno!

▼ **La piramide di Kukulkan a Chichen Itza nello Yucatan, Messico**

DANIEL SCHWEN

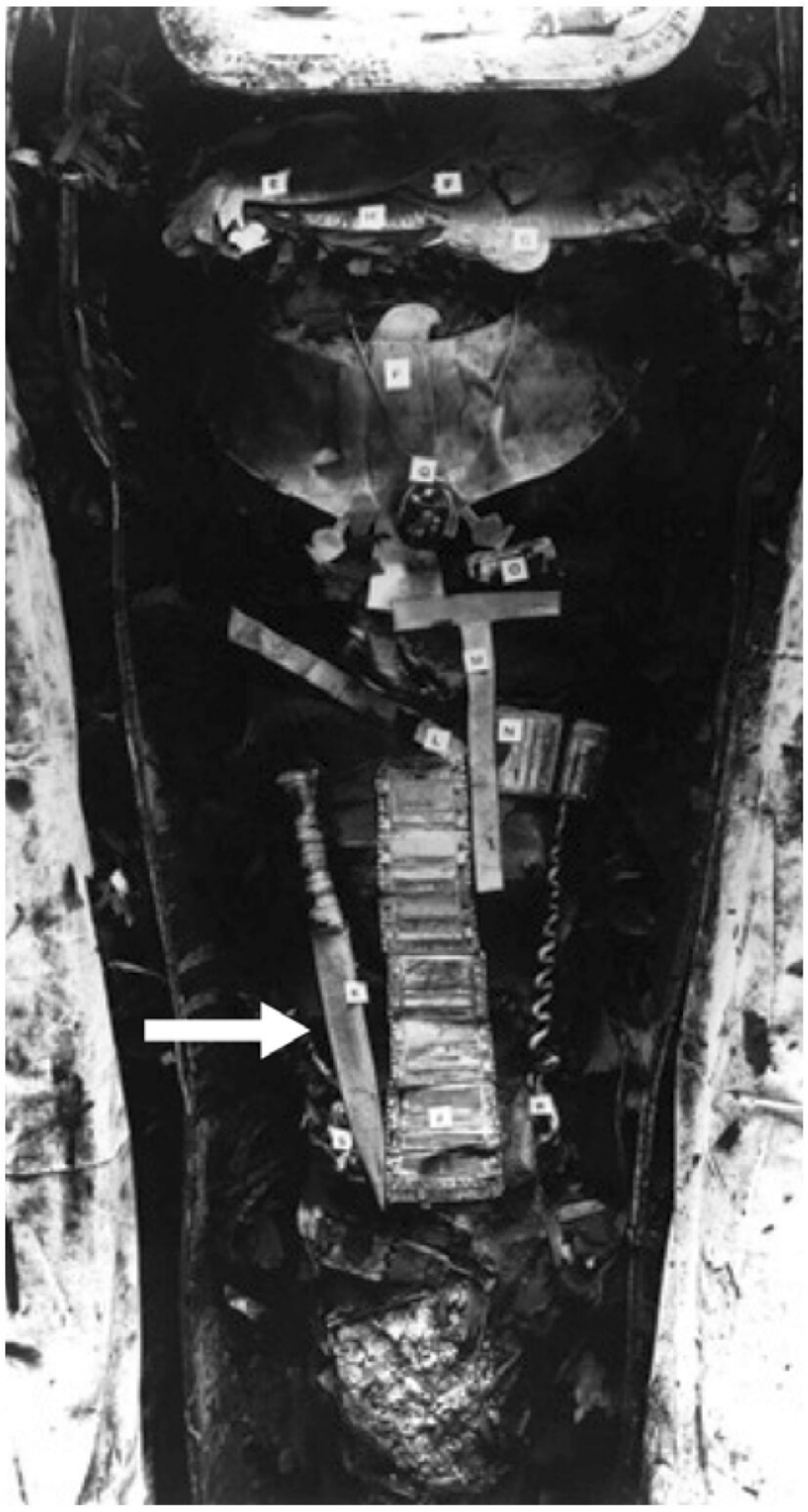
Ricerca al Museo del Cairo
e in un cratere da impatto

CADDE DAL CIELO LA SPADA DI TUTANKHAMON

Astronomi, egittologi e fisici hanno accertato che la lama trovata nel sarcofago del faraone ha la stessa composizione delle meteoriti ferrose. L'analisi eseguita con spettrometria di fluorescenza a raggi X

Francesco Porcelli
Dipartimento di Scienza Applicata
e Tecnologia Politecnico di Torino

◀ Cratere da impatto Gebel Kamil, visitato dall'autore nel 2012



▲ Perla di ferro preistorica scavata nel cimitero di Gerzeh realizzata con ferro di meteorite (Manchester Museum)

Da quando nel 1925 Howard Carter scoprì la tomba di Tutankhamon, l'origine meteoritica della lama di ferro del pugnale, trovato nel sarcofago del faraone (XIV secolo a.C.), ora conservato al Museo Egizio del Cairo, è al centro di un acceso dibattito. La ricerca a cui ho partecipato con una squadra di esperti italo-egiziani conferma che la composizione della lama del pugnale di Tutankhamon (ferro, nickel e cobalto), accuratamente determinata tramite spettrometria di fluorescenza a raggi X, è una chiara indicazione della sua origine meteoritica. Non c'è dubbio che gli antichi egizi conoscevano il ferro nella sua forma metallica almeno cinque millenni fa. Eppure, la metallurgia del ferro, cioè la tecnologia per separare i metalli dai loro minerali e prepararli per l'uso mediante fusione e raffinazione, si sviluppò in Egitto solo intorno al 1000 a.C., cioè almeno tre secoli dopo la morte di Tutankhamon. Gli antichi egizi, all'epoca del Re-Bambino (XIV dinastia, circa 1341 a.C.), importavano manufatti in ferro dai paesi vicini? I più antichi manufatti in ferro dell'antico Egitto, modellati mediante un'accurata martellatura, sono nove piccole perle risalenti al 3200 a.C., trovate nelle sepolture di Gerzeh, nel Basso Egitto, 70 km a sud del Cairo. Studi condotti 25 anni fa hanno stabilito la loro origine meteoritica. Il ferro meteoritico, una caratteristica lega ferro-nichel, era usato da vari popoli antichi migliaia di anni prima dell'età del ferro perché, essendo nel suo stato metallico nativo, non richiedeva la fusione dei minerali. Nella tomba di Tutankhamon, la cui sepoltura avvenne intorno al 1327 a.C., furono ritrovati diciannove oggetti in ferro. Tra questi, vi erano alcune lame molto simili a quelle utilizzate nella cerimonia dell'apertura della bocca. Altri oggetti di ferro erano avvolti con la mummia di Tutankhamon, il che conferma che il ferro era considerato molto prezioso e appropriato per un re. Ma l'oggetto più interessante è la famosa lama del pugnale di ferro con l'impugnatura in oro, rinvenuta all'interno della mummia.

Il nostro lavoro di ricerca, pubblicato sulla rivista *Meteoritic and Planetary Science* (D. Comelli *et al*, *The meteoritic origin of Tutankhamun's iron dagger blade*, Meteoritic and Planetary Science, p. 1-9, 2016), suggerisce, con un altissimo grado di sicurezza, che la lama del pugnale di ferro di Tutankhamon era effettivamente fatta di ferro ricavato da una meteorite.Sembra che gli antichi egizi fossero ben consapevoli del ferro che cadeva dal cielo. Citando da George Frederik Zimmer, *The Antiquity of Iron* (1915): "Il nome più antico del ferro era 'Metallo dal cielo'. Nel linguaggio geroglifico si pronunciava 'BA-EN-PET', che significa 'pietra o metallo del cielo'. Un'idea espressa negli antichi testi egizi era che il

firmamento del cielo fosse fatto di ferro".
Ma l'importanza del ferro nell'antico Egitto non si limitava ai riferimenti religiosi. Secondo Zimmer, uno dei faraoni della I dinastia era conosciuto con il nome di "MER-BA-PEN", letteralmente "Amante-di-questo-ferro". Un faraone non avrebbe portato quel nome se gli egiziani della I dinastia non fossero stati a conoscenza del ferro.

È stata necessaria una squadra di fisici, astronomi, egittologi ed esperti di meteoriti, oltre a un certo grado di fortuna, per giungere alle nostre conclusioni. Eppure, una domanda rimane aperta: la meteorite, per fare la lama del pugnale, potrebbe essere caduta e poi sapientemente lavorata in Anatolia, prima di essere offerta in dono al Re-Bambino?

Inizieremo la nostra storia da un antefatto: la scoperta del cratere meteoritico Gebel Kamil in Egitto nel 2010.

Le meteore o, come sono conosciute nel linguaggio quotidiano, le stelle cadenti sono causate da detriti e piccole rocce interplanetarie provenienti dallo spazio, che attraversano l'atmosfera terrestre. Secondo le stime, ogni anno entrano nell'atmosfera tra le 35.000 e le 80.000 tonnellate di detriti spaziali. Meteore e meteoriti sono cose diverse. Una meteora è il lampo di luce causato dai detriti, non i detriti stessi. I detriti sono chiamati "meteoroidi".

La maggior parte dei meteoroidi che entrano nell'atmosfera terrestre sono così piccoli che si vaporizzano completamente e non raggiungono mai la superficie del pianeta. Se una qualsiasi parte di un meteoroide sopravvive alla caduta attraverso l'atmosfera diventa una meteorite. Ma pochissimi meteoroidi diventano meteoriti. La polvere e le rocce provenienti dallo spazio raramente raggiungono il suolo. L'atmosfera terrestre fa un buon lavoro nel proteggerci da questi detriti.
Se la meteorite è sufficientemente grande (diciamo, almeno qualche metro di diametro), è probabile che si formi un cratere da impatto. Chiaramente, nel corso dei secoli, migliaia, se non milioni, di crateri da impatto devono essersi formati sulla Terra. Tuttavia, poiché la Terra è geologicamente e biologicamente attiva, questi crateri tendono a diventare invisibili. Oggi sulla Terra si contano solo 190 crateri meteoritici, e solo uno di essi è stato trovato in Egitto: quello di Gebel Kamil, scoperto nel 2010 da un gruppo di ricercatori nel deserto egiziano vicino al confine con il Sudan. Come si è fatta questa scoperta è una storia affascinante.

All'epoca prestavo servizio come addetto scientifico presso l'Ambasciata d'Italia al Cairo. All'inizio del 2009, Mario Di Martino, astronomo dell'Osservatorio Astronomico di Torino, contattò ▶

◀ **La mummia di Tutankhamon con il pugnale di ferro (lungo 34,2 cm) sulla coscia destra (freccia). Copyright Istituto Griffith, Università di Oxford**

il mio ufficio per informarmi che un cratere da impatto sospetto era stato notato da Vincenzo De Michele, ex curatore del Civico Museo di Storia Naturale di Milano, mediante immagini satellitari pubblicate da Google Earth. Così nacque l'idea di una spedizione nella località sospetta per accertare l'origine meteoritica del cratere. Poiché il cratere si trova in un'area molto remota del deserto egiziano, vicino al confine con il Sudan, e critica dal punto di vista militare fu subito chiaro che una tale spedizione sarebbe stata possibile solo con il pieno appoggio delle autorità egiziane.

Per fortuna, il 2009 era stato ufficialmente nominato "Anno della Scienza Italo-Egiziano", e ciò rese possibile negoziare un accordo bilaterale tra i due governi, firmato il 31 luglio 2009 da Mario Di Martino (per conto dell'Istituto Nazionale di Astrofisica, INAF) e da Tarek Hussein, allora presidente dell'Accademia Egiziana per la Scienza e la Tecnologia.

I membri della spedizione raggiunsero il sito nella primavera del 2010. I risultati di questa spedizione furono pubblicati sulla prestigiosa rivista *Science* il 22 luglio 2010.

Il cratere da impatto Gebel Kamil è relativamente molto giovane. Si stima che si sia formato tra il 1600 e il 400 a.C. L'evento si è verificato a poche centinaia di chilometri dalla Valle del Nilo, ma probabilmente fu così drammatico da essere ben visibile da luoghi come Assuan. Gli antichi egizi, tuttavia, non sembrano aver mai raggiunto il luogo dell'impatto. In effetti, la scena che si presentò fu quella di un luogo mai visitato da esseri umani dopo la formazione del cratere. Ovunque si vedevano frammenti di meteoriti, dal peso complessivo di circa 2.000 kg. Molti di questi erano sparsi su sentieri paleolitici.

Fu al tempo della spedizione che appresi dell'acceso dibattito sull'origine della lama del pugnale di ferro. Gli egittologi erano più o meno equamente divisi in due campi. Uno sosteneva l'idea che la lama fosse probabilmente di ferro meteoritico. La tesi si basava sul fatto che i manufatti in ferro erano davvero molto rari nell'antico Egitto al tempo della XIV dinastia, e quelli che erano stati trovati erano molto probabilmente di ferro meteoritico, come le perle trovate a Gerzeh. Inoltre, la metallurgia del ferro in Egitto si sviluppò almeno tre secoli dopo il regno di Tutankhamon.

Le persone dell'altro campo, tuttavia, erano convinte che la lama di ferro del pugnale di Tutankhamon (se non il pugnale completo, manico e pomello inclusi) fosse stata importata dall'Anatolia. Infatti, le *Lettere di Amarna*,

◀ La lama e il fodero del pugnale di ferro di Tutankhamon (Museo Egizio del Cairo)

documenti diplomatici degli archivi reali egiziani del XIV secolo a.C., rendono noto che Tushratta, re dei Mitanni, inviò preziosi oggetti in ferro ad Amenhotep III, nonno di Tutankhamon. Tra questi, pugnali con lame di ferro e un bracciale a mano in ferro dorato. Nel XIV secolo a.C. i Mitanni occupavano un'area dell'Anatolia orientale tra l'Assiria e l'Impero Ittita.

Mario Di Martino, Luigi Folco e Massimo D'Orazio, dell'Università di Pisa, suggerirono nel 2010 che il modo migliore per dirimere la controversia era eseguire la spettrometria di fluorescenza a raggi X (XRF) sulla lama di ferro del pugnale. Sottomisi la proposta alle autorità egiziane, ma essa fu inizialmente rifiutata.

Le circostanze cambiarono nel 2014, quando fu nominato un nuovo direttore del Museo – il Dr. Mahmoud El-Halwagy – e, allo stesso tempo, una squadra di fisici guidati da Daniela Comelli del Politecnico di Milano si recò al Museo Egizio del Cairo con lo strumento giusto: uno spettrometro XRF supportato da treppiede di ultima generazione, sviluppato da XGLab s.r.l., spin-off milanese fondato da ex studenti del Politecnico. L'obiettivo era analizzare altri oggetti custoditi nel Museo, non collegati al tesoro funerario di Tutankhamon, nell'ambito di un progetto di cooperazione italo-egiziana in parte finanziato dal Ministero degli Esteri italiano. L'Ufficio Scientifico dell'Ambasciata avrebbe dovuto monitorare il progetto. Quando mi chiamarono per farmi sapere che erano arrivati al Cairo con lo spettrometro XRF e che stavano per iniziare il loro lavoro al Museo Egizio, andai immediatamente al Museo, li incontrai e chiesi loro se fossero interessati a eseguire l'analisi della concentrazione di metalli della lama del pugnale usando il loro spettrometro XRF. Pur non essendo a conoscenza del dibattito sull'origine della lama di ferro del pugnale, accettarono con entusiasmo. La mossa successiva fu convincere il direttore del Museo, che però era molto più motivato dalla ricerca scientifica rispetto ai suoi predecessori. Il permesso per l'analisi XRF fu concesso. Determinante fu anche Abdelrazek Elnaggar dell'Università El-Fayoum, partner del progetto di cooperazione italo-egiziana insieme a Daniela Comelli e collaboratori.

Fu subito chiaro a tutti che, per poter svolgere un lavoro scientifico di prim'ordine, era necessario coinvolgere nell'analisi dei dati XRF anche esperti di meteoriti, in quanto avrebbero aiutato nell'individuare elementi specifici di cui sono fatti i meteoriti. Decisi allora di coinvolgere Folco e D'Orazio. Suggerii anche di invitare alla nostra collaborazione un'egittologa italiana, Giuseppina Capriotti, che, insieme al direttore del Museo Egizio del Cairo e ai suoi curatori, avrebbe potuto valutare il nostro lavoro nel contesto dell'Egittologia... e in sintesi i risultati delle nostre analisi, pubblicati sulla rivista *Meteoritic and Planetary Science*. Le meteoriti di ferro sono costituite principalmente da ferro e nickel, con quantità minori di cobalto e tracce di altri elementi siderofili e calcofili. La composizione chimica delle meteoriti ferrose è tipicamente determinata mediante metodi analitici sensibili ma distruttivi, come ad esempio bombardando il campione con fasci di neutroni per misurare la massa di elementi prodotti per reazioni nucleari. Al contrario, la spettrometria di fluorescenza a raggi X offre un metodo rapido, ▶

◀ Il cratere da impatto del meteorite Gebel Kamil osservato per la prima volta da Vincenzo De Michele su Google Earth.

FOTO DI MARIO DI MARTINO

▲ **L'astronomo Mario di Martino a Gebel Kamil. Molti dei frammenti di meteorite ritrovati, come quelli a pagina 39, erano sparsi su percorsi paleolitici.**

a basso costo e non distruttivo per l'analisi di meteoriti di ferro, e può pertanto portare alla rapida identificazione dell'origine extraterrestre di manufatti metallici di interesse archeologico. Negli ultimi vent'anni, un notevole miglioramento nella tecnologia dei rivelatori a stato solido ha consentito più accurate applicazioni del metodo XRF. La determinazione quantitativa del contenuto di nickel e cobalto nella lama fu eseguita mediante metodi di calibrazione utilizzando i dati XRF di 11 campioni standard d'acciaio e 11 meteoriti di ferro di composizione nota. Dopo un'accurata calibrazione dello spettrometro e un'analisi statistica rigorosa, fummo in grado di concludere che la lama del pugnale include nichel con una concentrazione di 10,8 +/- 0,3% in peso, e cobalto con una concentrazione di 0,58 +/- 0,04%, entro un margine di errore inferiore al 5%. L'alto contenuto di nickel della lama, insieme con l'apprezzabile quantità di cobalto corrispondente a un rapporto Ni/Co di circa 20, suggerisce fortemente un'origine extraterrestre. La conclusione si basa sulle seguenti considerazioni:

- Il contenuto di nickel per la maggior parte dei meteoriti di ferro varia dal 5% al 35% in peso, mentre non supera mai il 4% in peso nei manufatti di ferro provenienti da minerali terrestri prodotti prima del XIX secolo.
- Il rapporto Ni/Co nella lama del pugnale di Tut è coerente con quello dei meteoriti di ferro, tipicamente Ni/Co = 18 +/- 2, che hanno conservato il rapporto condritico primitivo durante la differenziazione planetaria ai primordi della formazione del Sistema solare.

Un database, chiamato MetBase, contiene informazioni sulla composizione di numerose meteoriti. Tra queste abbiamo selezionato venti meteoriti ferrose, cioè tutte quelle contenute nel database e rinvenute entro un'area di 2.000 km di raggio, centrata nel Mar Rosso al largo delle coste dell'Egitto. Solo una meteorite, chiamata Kharga, trovata l'8 maggio 2000 in Egitto (coordinate 31007'57"N, 25002'50"E), ha un contenuto di nickel e cobalto entro il 10% della composizione della lama del pugnale.

Al contrario, la meteorite Gebel Kamil ha una concentrazione di Ni che è circa il doppio di quella della lama. Tra tutte le meteoriti del MetBase, la meteorite Kharga ha la concentrazione di metalli che più si avvicina a quella della lama del pugnale, ma non abbastanza da consentire un'identificazione conclusiva con quella meteorite. È possibile che uno dei pugnali con lame di ferro menzionati nelle lettere di Amarna, come parte di un dono del re dei Mitanni Tushratta ad Amenhotep III, sia proprio quello trovato avvolto con la mummia di Tutankhamon? È necessario più lavoro per rispondere a questa domanda. Sarebbe importante, a questo proposito, trovare prove che i Mitanni o altre nazioni dell'Anatolia fabbricavano oggetti in ferro meteoritico nella seconda metà del II millennio a.C.

Inserto staccabile

GUIDA AL CIELO

MAGGIO E GIUGNO

IL CIELO PROFONDO
NELLA REGIONE DEL GRAN CARRO

IL RITORNO DELLA COMETA DI OLBERS

CACCIA AI DOMI LUNARI

CREDITI: NASA, ESA, S. BECKWITH (STSCI), AND THE HUBBLE HERITAGE TEAM (STSCI/AURA)

I NOSTRI AUTORI

Walter Ferreri è astronomo e divulgatore. L'Unione Astronomica Internazionale gli ha intitolato l'asteroide 3308 EP

Pete Lawrence è astronomo e astrofotografo. Conduce *The Sky at Night* su BBC Four

DA SAPERE
Termini e simboli usati nella guida

Tempo universale e ora legale italiana
Il tempo universale (UT) è il tempo standard usato dagli astronomi di tutto il mondo. L'ora legale italiana è spostata in avanti di 2 ore rispetto al tempo universale.

AR (Ascensione retta) e dec. (declinazione)
Sono le coordinate equivalenti a longitudine e latitudine per il globo terrestre: descrivono dove si trova un oggetto sulla sfera celeste.

Per tutta la famiglia
Gli oggetti con questo simbolo sono perfetti da mostrare ai bambini

A occhio nudo
Aspettate 20 minuti perché il vostro occhio si adatti al buio

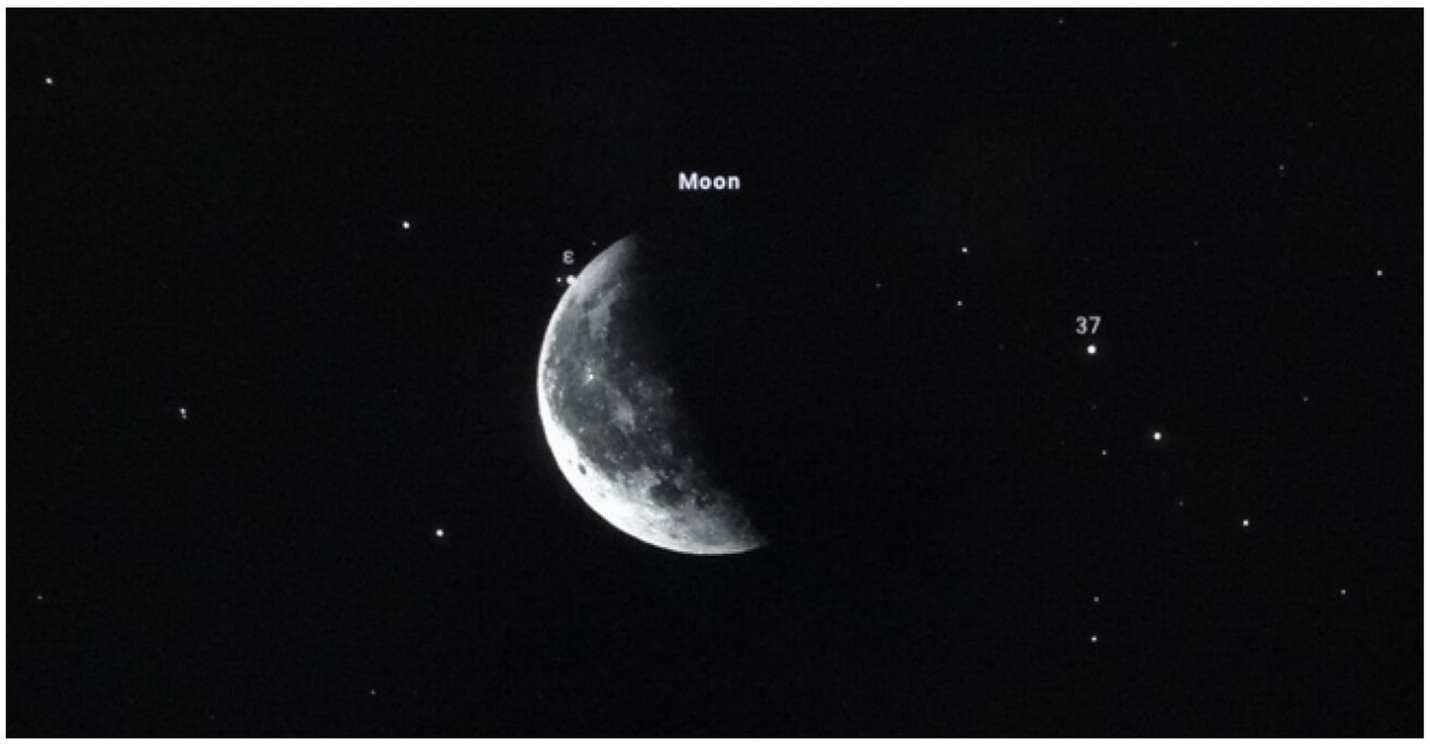
Da fotografare
Usate una fotocamera a CCD, planetaria o standard DSLR

Binocolo
Consigliato un 10 x 50

Piccolo/medio telescopio
Riflettore/SCT sotto i 150 mm, rifrattore sotto i 100 mm

Telescopio grande
Riflettore/SCT sopra i 150 mm, rifrattore sopra i 100 mm

MAGGIO E GIUGNO SOTTO LE STELLE



MAGGIO

Giovedì
2 La Luna, passata per la fase di ultimo quarto il primo maggio, alle ore 4:00 occulta la stella Epsilon (ε) Capricorni, di magnitudine 4,5. L'occultazione termina alle 4:30. A seconda della località italiana, questi tempi possono variare di alcuni minuti, sia prima che dopo.

Lunedì
6 Provate a osservare prima dell'alba alcune fugaci stelle cadenti delle Eta Aquaridi. La massima attività di questo sciame avviene la sera prima, ma dalle nostre latitudini il radiante non si alza fino alla fine della notte. Queste stelle cadenti provengono dalla cometa di Halley.

Martedì
7 Saturno passa a soli 48' (meno di 1°) a sud della stella Phi (φ) Aquarii, di magnitudine 4,2. L'avvicinamento più stretto si ha alle ore 10, ma per noi l'osservazione ottimale si ha prima dell'alba. Se il cielo è limpido, il fenomeno è visibile a occhio nudo, altrimenti anche con un modesto binocolo.

Giovedì
9 Mercurio è alla massima elongazione ovest, quindi osservabile all'alba. In questa circostanza il piccolo pianeta arriva a trovarsi a ben 26,4° dal Sole, ma essendo più a sud di quest'ultimo, l'apparizione non è così spettacolare come la distanza angolare porterebbe a supporre.

Lunedì
13 La falce di Luna crescente passa poco a sud di Polluce (la stella più luminosa dei Gemelli). Per noi la massima vicinanza fra i due astri si può osservare verso la mezzanotte, quando entrambi sono bassi sull'orizzonte nord-ovest. La separazione minore si ha alle ore 2 di martedì (2,4°).

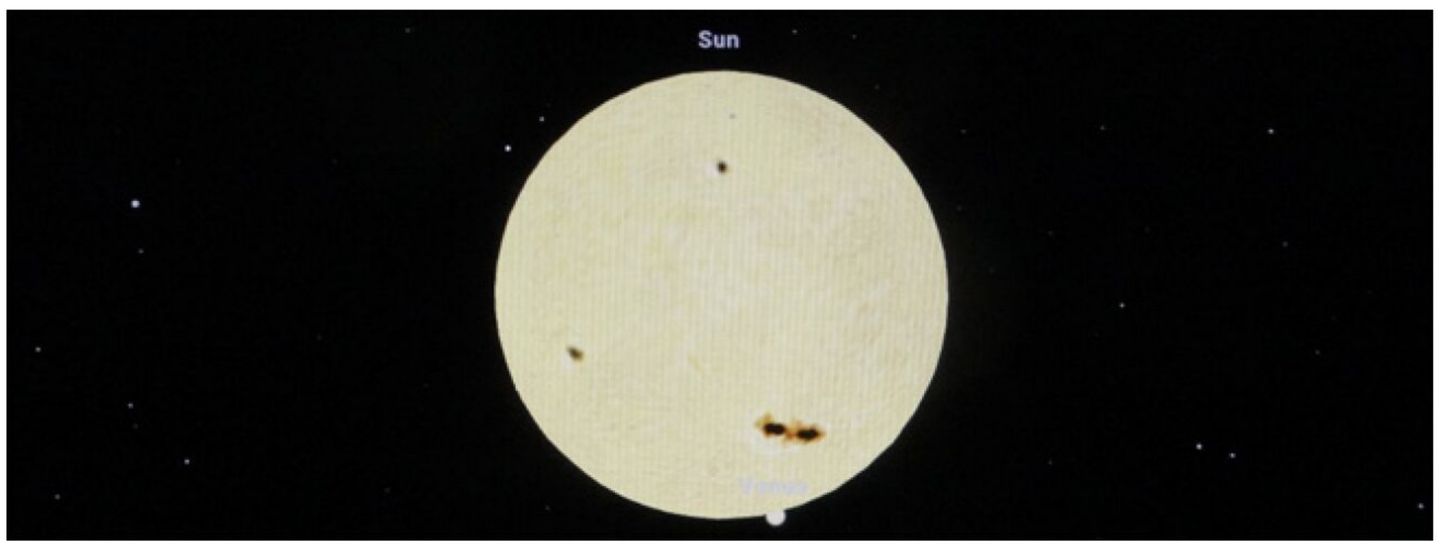
Venerdì
24 Tra le ore 6 e le ore 7 la Luna passa a soli 0,4° a sud di Antares (Alfa, α Scorpii). La congiunzione è così stretta che per diverse regioni della Terra (non per l'Italia) si ha anche l'occultazione della stella.

Venerdì
31 In mattinata la Luna, che è passata per la fase di ultimo quarto il giorno prima, transita a soli 0,8° a sud di Saturno. Dopo il sorgere i due astri si trovano quasi alla stessa altezza sopra l'orizzonte.

GIUGNO

Sabato
1 La falce di Luna calante offre un'occasione per localizzare prima dell'alba Nettuno, che si trova a solo 1° a nord del centro della Luna. Se con uno strumento astronomico (che rovescia le immagini) a 30-50x si posiziona il nostro satellite in alto nel campo, Nettuno, la "piccola stella" di tonalità bluastra, appare in basso.

Domenica
2 Da poco prima della mezzanotte a circa un'ora dopo è prevista la massima attività dello sciame delle meteore note come Omega Scorpidi. Lo sciame produce poche meteore all'ora ma in quelle ore lo Scorpione passa in meridiano e la Luna è ancora sotto l'orizzonte.



Martedì
4 Oggi Venere viene a trovarsi in congiunzione superiore, vale a dire nella stessa direzione del Sole ma al di là di esso, quindi alla massima distanza dalla Terra. In questa circostanza Venere viene occultato dal Sole, passa cioè dietro al disco solare.

Domenica
16 La Luna crescente alle 19:50 passa a soli 0,5° a nord di Spica, la stella più luminosa della costellazione della Vergine. Poiché il Sole tramonta alle 20:45, dall'Italia l'orario ottimale per vedere questa congiunzione è quello dell'imbrunire, ovvero tra le 21:15 e le 21:30 (un po' dopo per l'Italia settentrionale).

Giovedì
20 Congiunzione strettissima (un decimo di grado!) alle 12:46 tra la Luna e Antares, quando però per noi i due astri sono ancora sotto l'orizzonte. Per vederli è necessario attendere il sorgere della Luna, intorno alle 20.

Giovedì
20 Alle 22:50 si ha il solstizio estivo, che determina l'inizio dell'estate nell'emisfero boreale e dell'inverno in quello australe. Il Sole raggiunge il suo punto più alto sull'eclittica. È interessante verificare, tra le 13:00 e le 13:30 per la maggior parte dell'Italia, quanto sia corta l'ombra proiettata da una bacchetta verticale.

Sabato
22 Luna piena sorprendentemente bassa, che in culminazione arriva a soli 16° sopra l'orizzonte per l'Italia settentrionale. Questo perché si trova nella costellazione del Sagittario, nonché alla sua massima distanza a sud dell'eclittica (6°).

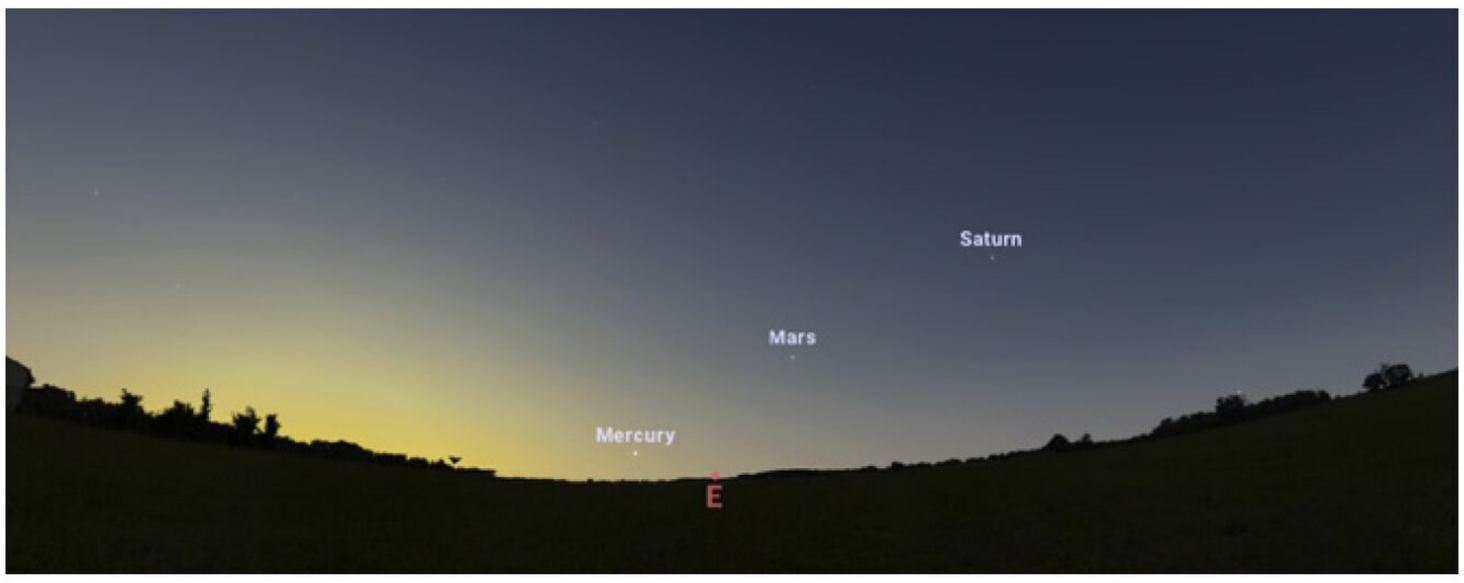
I MAGNIFICI TRE

Gli eventi da osservare o fotografare

Mercurio alla massima elongazione occidentale

PERIODO DI OSSERVAZIONE MIGLIORE: alba del 9 e 10 maggio

A differenza della massima elongazione del bimestre scorso, questa è meno comoda da osservare perché si verifica al mattino. Inoltre, nonostante in questa circostanza il piccolo pianeta venga a trovarsi a ben 26,4° dal Sole (nel marzo scorso non erano nemmeno 19°), il fatto che Mercurio sia a 11,5° a sud del Sole smorza il vantaggio di questa notevole (per Mercurio) distanza angolare.
La conseguenza è che Mercurio sorge solo 45 minuti prima del Sole.
Per avere la certezza di osservarlo conviene munirsi di un binocolo, ad esempio un 8x30. Poiché il Sole sorge alle 5:55, conviene iniziare a cercarlo dalle 5:20 in prossimità dell'orizzonte est-nord-est.
In prossimità dello stesso orizzonte, ma più alto, si trova Marte, anch'esso come Mercurio proiettato nella costellazione dei Pesci. Più facile da vedere, perché ancora più alto, è Saturno, nell'Acquario. Da notare che i tre pianeti hanno tutti all'incirca la stessa luminosità: brillano come una stella di prima grandezza.



▲ **Posizione di Mercurio all'alba del 10 maggio (ore 5:15). Mercurio è leggermente più luminoso di Marte e di Saturno**

Inutile aggiungere che occorrono un orizzonte sgombro e un cielo limpido. Un comune binocolo non è in grado di mostrare la fase di Mercurio, analoga a quella della Luna del giorno che precede il primo quarto; con una dimensione di ben 230 volte minore anche un telescopio la mostra a malapena.
Come è noto, alla massima elongazione ci si aspetta una fase da primo quarto, ma la marcata ellitticità dell'orbita di Mercurio fa sì che questa fase possa variare un po' da quella esatta di un quarto. Se si usa un telescopio è possibile continuare a vedere Mercurio anche dopo il sorgere del Sole e la sua visibilità viene migliorata con l'adozione di un filtro arancione, che smorza molto di più la luce del cielo di quanto non faccia con quella del pianeta.

Solstizio d'estate

PERIODO DI OSSERVAZIONE: giornata del 20 giugno

Quest'anno il solstizio estivo si verifica giovedì 20 giugno alle 22:51: il Sole raggiunge la sua massima declinazione boreale e l'estate ha inizio. Come è noto, da un anno al successivo il solstizio si verifica con circa 6 ore di ritardo, per il fatto che in un anno ci sono 365 giorni e un quarto. Così, il solstizio del 2021 si è verificato il giorno 21 alle 5:30; quello del 2022 alle 11:15; quello del 2023 alle 17. Poi, ogni quattro anni, con l'anno bisestile, il giorno in più riporta il solstizio indietro di circa 24 ore.
Abbiamo aggiunto l'avverbio "circa" in quanto la variazione da un anno all'altro non è di 6 ore esatte. Il divario non dipende solo dal fatto che non sono proprio 6 ore, bensì 5 ore e 48 minuti, ma anche da altri fattori. Questi fanno sì che su tempi lunghi il giorno del solstizio cambi. Per esempio, si ha il salto di un giorno quando il periodo di quattro anni contiene un anno secolare non bisestile, come è successo nel 1900.
Poi, dopo un lasso di tempo di quattro secoli l'eccentricità e la longitudine del perielio dell'orbita terrestre cambiano sensibilmente, influenzando la durata delle stagioni e il giorno del solstizio, il quale si verifica approssimativamente 3 ore prima.
Per questo motivo, nel secolo scorso il solstizio si è verificato spesso il giorno 22 giugno, mentre nel nostro secolo questo avviene solo eccezionalmente. Ma, a parte queste considerazioni prettamente teoriche, è interessante verificare con una bacchetta verticale come al mezzogiorno vero del luogo (alle 13:11 di tempo legale) nell'emisfero boreale l'ombra sia la più corta osservabile.

◀ **Posizione del Sole e di alcuni pianeti al solstizio d'estate del 2024, come sarebbe possibile vederli se non ci fosse l'atmosfera. A Roma, alle 13:12, il Sole raggiunge un'altezza di 71,5°**

▲La bassissima Luna piena nella notte tra il 21 e il 22 giugno. Alla latitudine di Roma, durante il passaggio in meridiano, non arriva neppure a 19° di altezza!

Luna all'orizzonte

PERIODO DI OSSERVAZIONE MIGLIORE: notte tra il 21 e il 22 giugno

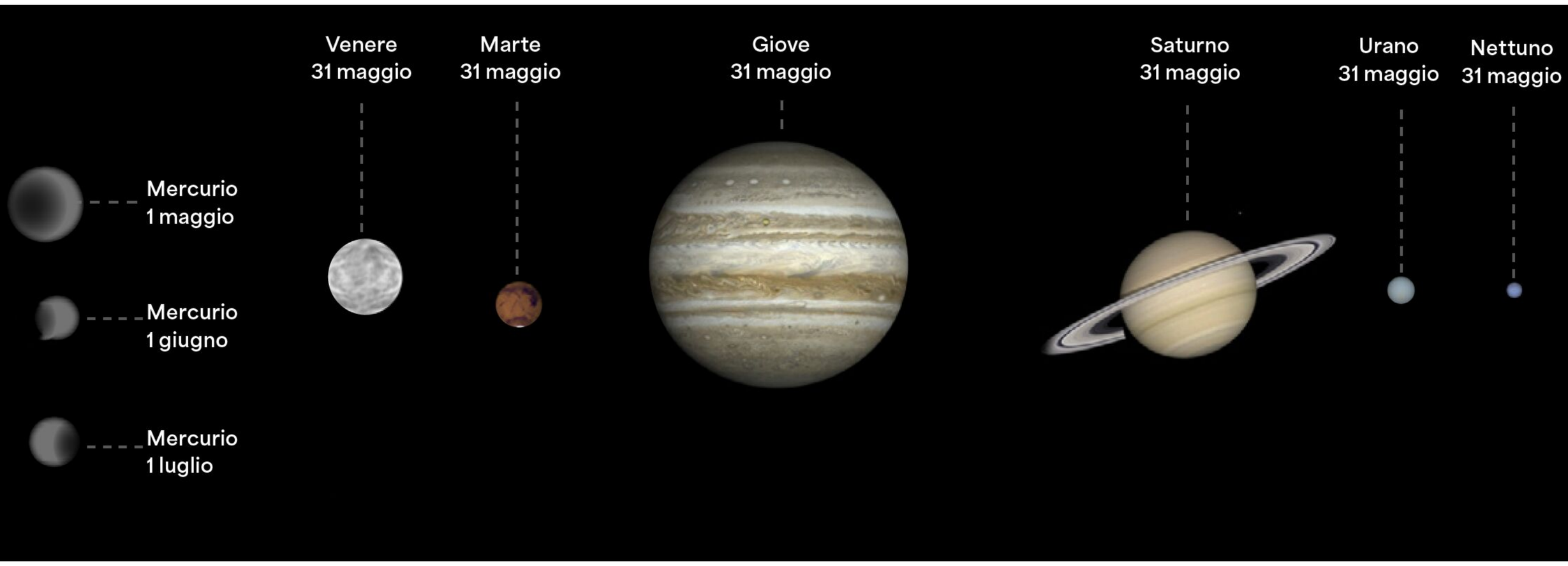
L'orbita lunare è inclinata rispetto all'eclittica di 5° e 9'. La linea che congiunge i due punti (detti "nodi") in cui quest'orbita incrocia l'eclittica è detta "linea dei nodi", la cui posizione non è fissa. Ruotando di moto retrogrado, cioè da est verso ovest, compie una rotazione completa in un periodo di 18,6 anni.
La posizione della linea dei nodi determina i periodi dell'anno in cui avvengono le eclissi; infatti, queste si possono verificare solo quando la Luna piena o nuova si trova in prossimità di un nodo. Ma la direzione di tale linea è anche quella che determina le posizioni più o meno estreme della Luna in cielo. In certi anni la linea dei nodi è orientata in modo tale per cui può attenuare o accentuare considerevolmente la variazione nella declinazione della Luna lungo il suo percorso in cielo. Ovvero, in certi periodi l'entità dell'inclinazione dell'orbita lunare si sottrae o si somma completamente o quasi a quella dell'eclittica di 23,5°. Nel 2015, anno in cui il valore dell'inclinazione si sottraeva totalmente, le declinazioni estreme della Luna non arrivavano a +19° o -19°. Ora, all'opposto, siamo nel periodo in cui questo valore si somma praticamente del valore massimo, con declinazioni che arrivano a +28° e a -28° abbondanti. Nella notte tra venerdì 21 e sabato 22 giugno, proiettata nella costellazione del Sagittario, la Luna raggiunge la sua declinazione minima di ben -28,5°! Questo valore fa sì che dall'Italia settentrionale la Luna passi in culminazione a soli 16,5° sopra l'orizzonte. Una declinazione talmente australe che in molte regioni scandinave non la si vede neppure sorgere, anche se a sud del circolo polare artico! È un'ottima occasione per immortalarla, durante il suo passaggio in meridiano con i panorami terrestri verso i quali si vede proiettata.

I PIANETI

I nostri vicini celesti a maggio e giugno

Fasi e dimensioni relative dei pianeti a maggio e giugno

Ciascun pianeta è mostrato con il sud in alto, come si vede in un telescopio astronomico

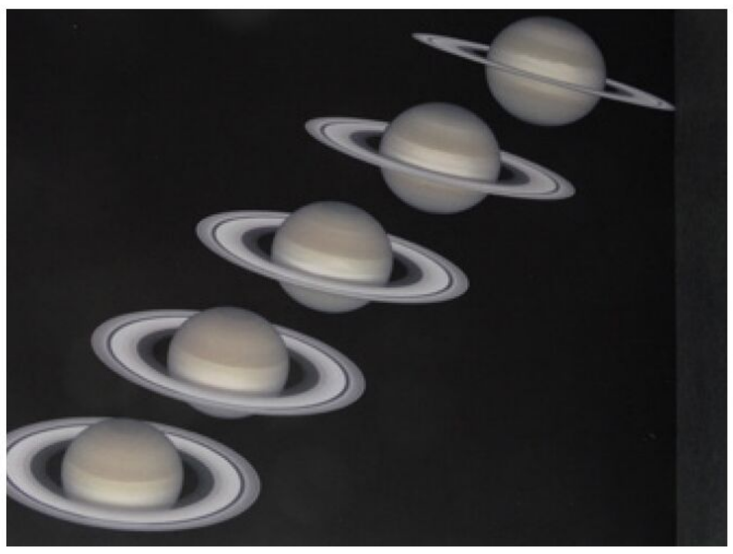


PIANETA DEL
BIMESTRE

Saturno

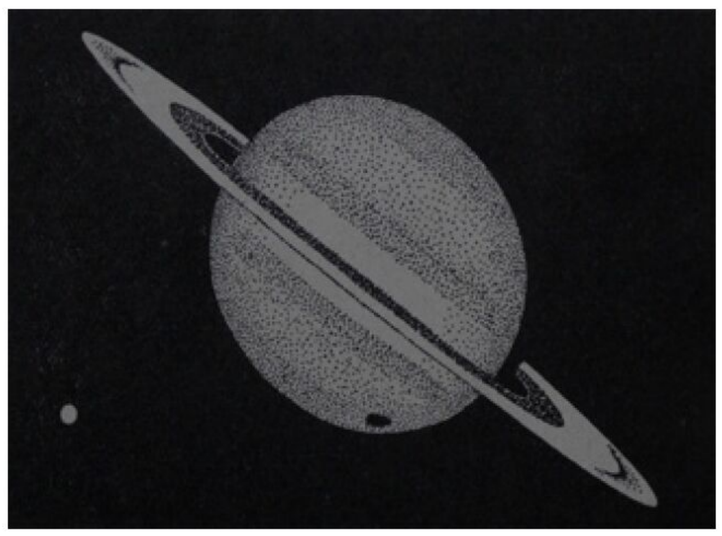
Periodo migliore per osservarlo: fine giugno
Localizzazione: Acquario
Direzione: ovest
Caratteristiche: paragonabile per luminosità a una stella come Deneb
Equipaggiamento raccomandato: un telescopio da 80-90 mm per vederne il sistema anulare e il satellite maggiore.

Questo bimestre è ancora sfavorevole all'osservazione dei pianeti, per lo più addensati vicino al Sole: Venere, Mercurio, Giove e Urano sono così prossimi alla nostra stella da originare uno di quei raggruppamenti che deliziano gli astrologi.
Saturno è il più facile da vedere perché a giugno viene a trovarsi in quadratura col Sole (a 81° a inizio giugno e 109° a fine giugno). Ne consegue che la sua osservazione è possibile nella seconda parte della notte, con orario migliore fra le 3 e le 5. In queste ore, non proprio comode, a fine giugno Saturno inizia a mostrarsi abbastanza alto sull'orizzonte poiché ora la sua declinazione è intorno a - 6°.
Già un buon rifrattore da 80 mm consente di vedere sul globo del pianeta la zona equatoriale nettamente più chiara del resto del disco e la fascia equatoriale sud più scura. Con uno strumento non molto grande, però, questa fascia più scura tende a confondersi col resto del disco e quindi non è facile vederne il bordo con la confinante zona temperata sud. Poiché ora l'anello appare molto di scorcio, con piccoli strumenti non è possibile scorgervi la divisione di Cassini. In compenso questa prospettiva permette di apprezzare meglio lo schiacciamento polare di Saturno, il più forte fra tutti i pianeti del Sistema solare, pari a 1/10 del diametro. Infatti, mentre il diametro equatoriale misura oltre 120.000 km, quello polare non arriva a neppure 109.000. Tra i satelliti, un telescopio da 80 mm solitamente mostra solo Titano, mentre un 100 mm consente di vederne altri 3 o 4.



▲ **Splendida sequenza realizzata con il telescopio spaziale Hubble. L'immagine più in alto a destra mostra qual è l'attuale inclinazione degli anelli di Saturno**

▼ **Quando gli anelli sono visibili quasi di taglio, come in questa immagine realizzata da Guido Ruggieri con un rifrattore da 12 cm, si possono osservare le eclissi. In questo caso Titano, visibile sulla sinistra, proietta la sua ombra in basso a destra**



Mercurio

Periodo migliore per osservarlo: 9-11 maggio
Localizzazione: costellazione dei Pesci
Direzione: est
Il 9 maggio Mercurio viene a trovarsi alla massima elongazione occidentale, assumendo quindi il ruolo di stella del mattino a ben 26,4° dal Sole. Questa distanza angolare è la massima di quelle di tutte le elongazioni (sia occidentali sia orientali) del 2024. Ciò nonostante, la visibilità non è delle migliori perché in tale circostanza il pianeta si trova fra 11 e 12° a sud del Sole.
Ma con il cielo limpido lo si dovrebbe scorgere in prossimità dell'orizzonte orientale intorno alle 5 del mattino.

Venere

Periodo migliore per osservarlo: inizio maggio e fine giugno
Localizzazione: Ariete e Gemelli
Direzione: nord-est a inizio maggio e nord-ovest a fine giugno
Questo è il bimestre peggiore per l'osservazione di Venere, invisibile a occhio nudo per tutto il periodo, poiché il 4 giugno viene a trovarsi in congiunzione superiore, ovvero nella stessa direzione del Sole, ma al di là di esso. Nonostante la notevole vicinanza al Sole, grazie alla sua forte luminosità, lo si riesce ancora a discernere con i telescopi. Appare come un disco pieno circa 200 volte più piccolo di quello lunare. Naturalmente nel cercarlo occorre fare la massima attenzione per evitare che il Sole entri nel campo visivo. Un filtro grigio neutro permette di vederlo meglio, evitando l'abbagliamento dovuto alla forte luminosità del cielo nei paraggi del Sole.

Marte

Periodo migliore per osservarlo: fine giugno
Localizzazione: Ariete
Direzione: nord-est prima dell'alba
Periodo ancora negativo per l'osservazione del pianeta.
Lo si vede nelle scomode ore che precedono l'alba. Brilla circa come la stella Aldebaran ed è facile da riconoscere perché appare come l'astro più luminoso della regione di cielo in cui si trova. Deludente l'osservazione telescopica perché, a causa della distanza di circa 270 milioni di km, mostra un disco da soli 5" di diametro.

Giove

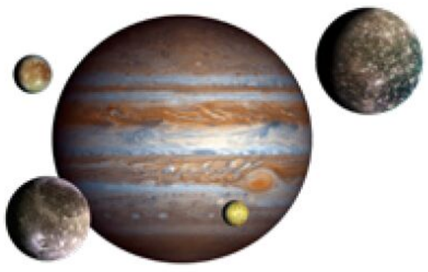
Periodo migliore per osservarlo: fine giugno
Localizzazione: Toro
Direzione: nord-est all'alba
Poiché il pianeta viene a trovarsi in congiunzione superiore il 18 maggio, questo bimestre risulta il peggiore per la sua osservazione. Però, grazie alla forte luminosità (magnitudine di -1,6, leggermente più luminoso di Sirio) si può già iniziare a scorgerlo tra le luci dell'alba a fine giugno.

Urano

Periodo migliore per osservarlo: fine giugno
Localizzazione: Toro
Direzione: nord-est poco prima dell'alba
Analogamente a Giove, anche per Urano si ha la congiunzione superiore in maggio (il giorno 13) e quindi anche per questo lontano pianeta questi mesi sono i più sfavorevoli dell'anno per la sua localizzazione. A fine giugno si trova a 43° dal Sole, tra Marte e Giove, e ha magnitudine 6,1.

Nettuno

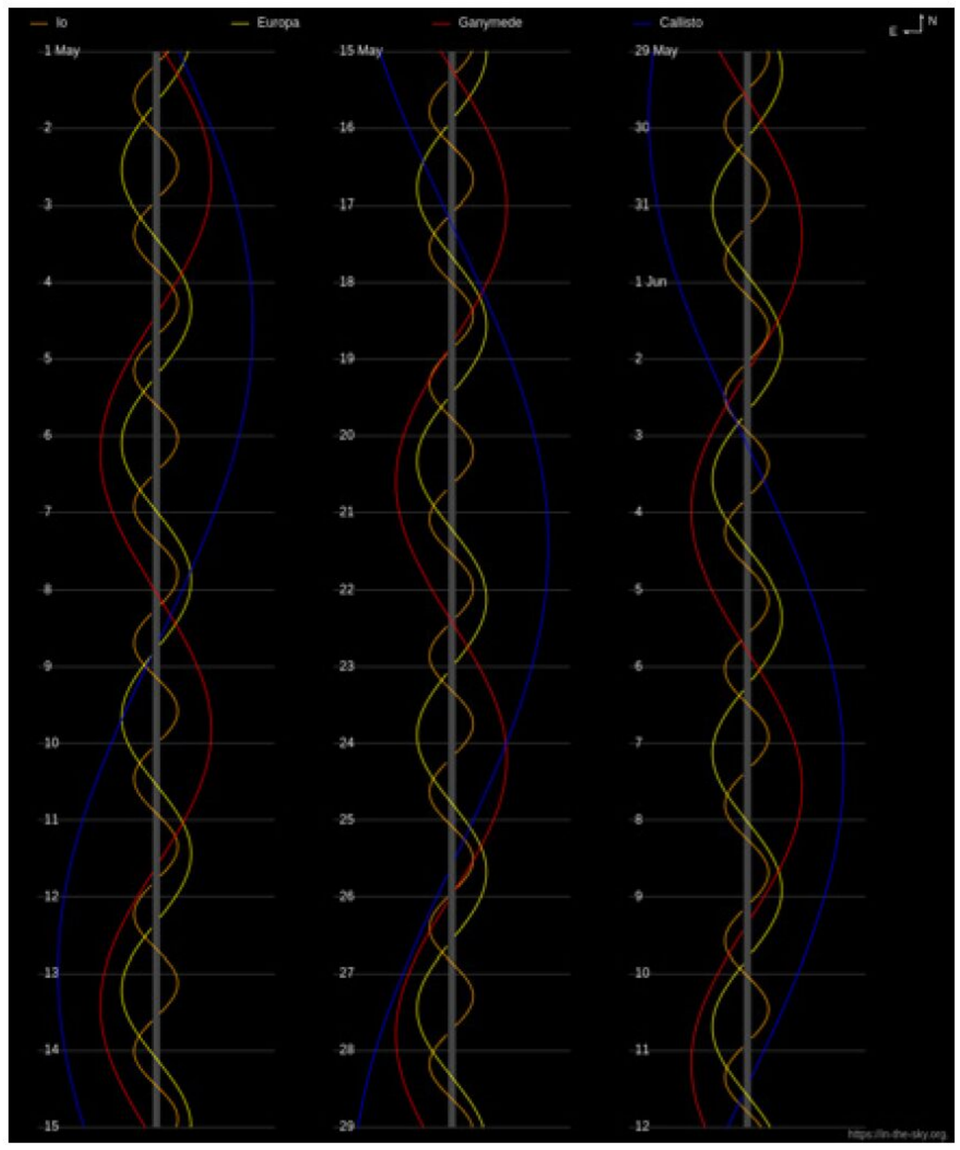
Periodo migliore per osservarlo: fine giugno
Localizzazione: Pesci
Direzione: sud-est nella seconda parte della notte
Tra tutti i pianeti del Sistema solare dopo Saturno è quello angolarmente più lontano dal Sole, arrivando a 98° a fine giugno. Pertanto è osservabile nella seconda parte della notte, quindi in un orario piuttosto scomodo, come è ovvio dal momento che non arriverà in opposizione fino a settembre.
Si trova a 12-13° a nord-est di Saturno.



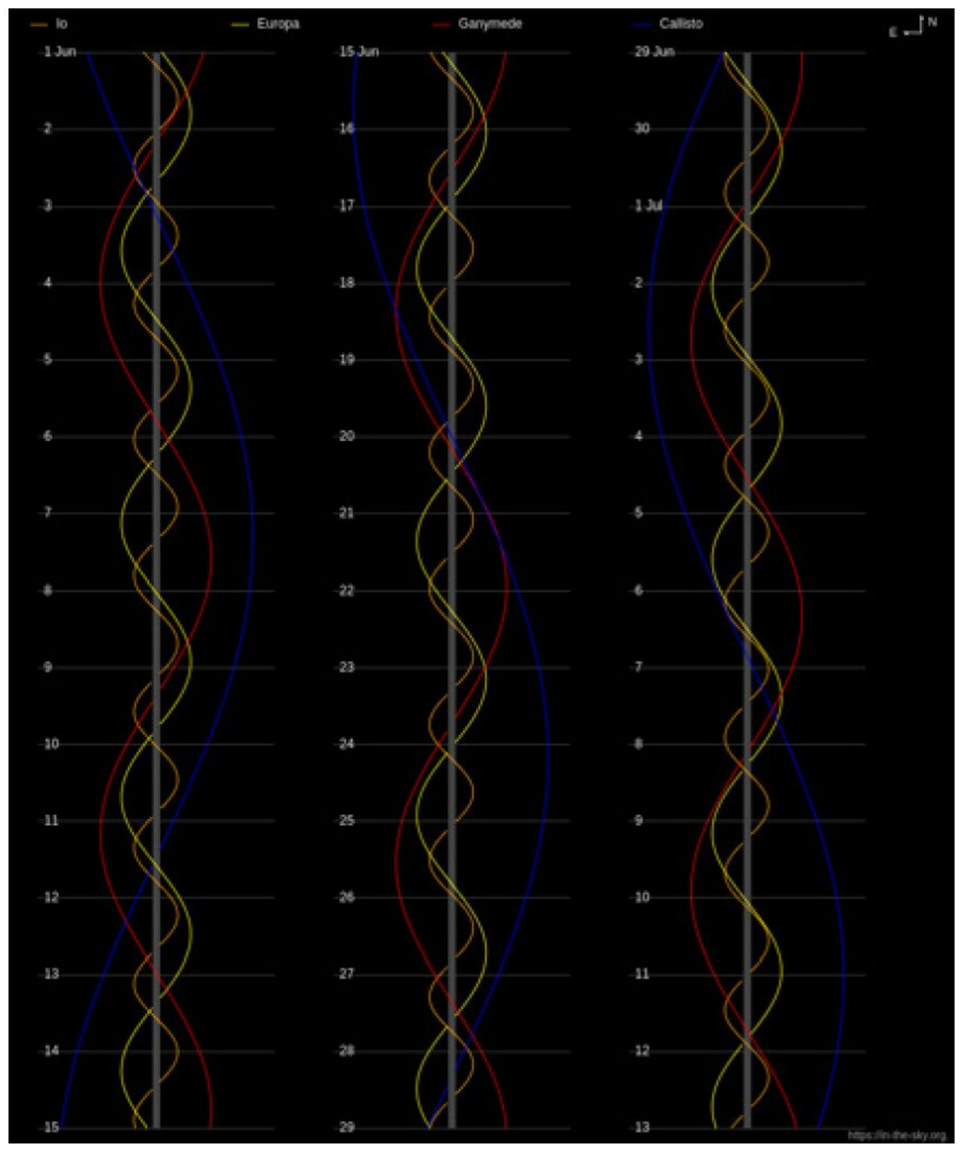
LE LUNE DI GIOVE:

Usando un piccolo telescopio si possono vedere le 4 lune principali, quelle scoperte da Galileo nel 1610. La linea di ciascuna data indica la mezzanotte.

MAGGIO



GIUGNO

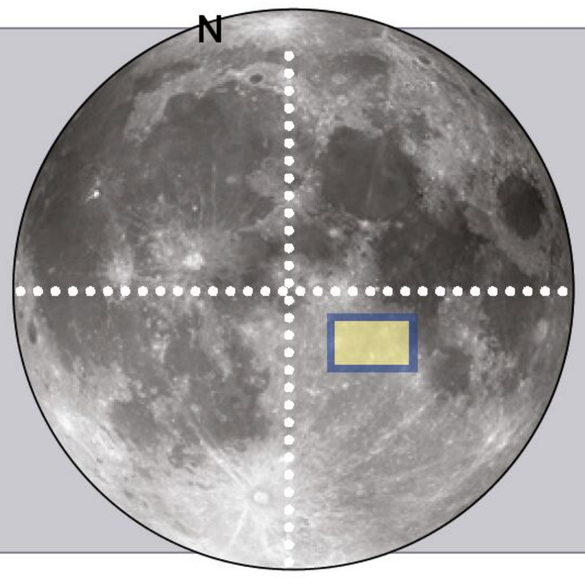


UNO SGUARDO ALLA LUNA

Pete Lawrence

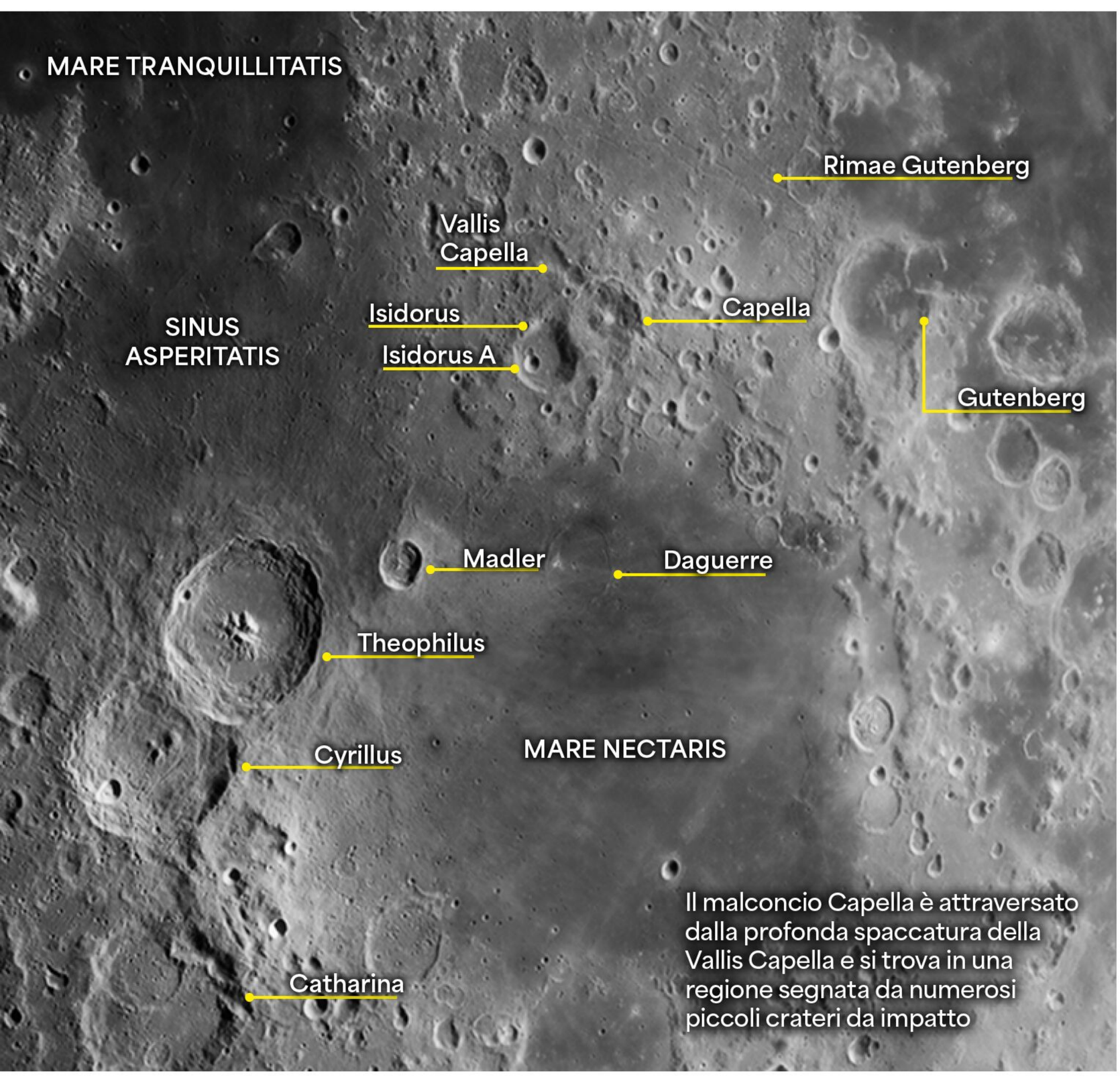
Capella

Tipo: cratere
Dimensioni: 50 km
Longitudine/latitudine: 34.9 ° E, 7.6° S
Età: 3,9 miliardi di anni
Momento migliore per l'osservazione: cinque giorni dopo la luna nuova (11-12 maggio e 11-12 giugno) o quattro giorni dopo la luna piena (26-27 maggio e 25-26 giugno)
Equipaggiamento minimo: rifrattore 50 mm



Non tutti i crateri sono nettamente definiti. Ci sono molti esempi di crateri antichi e malconci, uno dei quali è Capella (50 km). Si trova appena a nord del Mare Nectaris (mare del nettare), largo 350 km, e forma una coppia stretta con Isidorus (41 km) a ovest. Quando diciamo "vicini", intendiamo molto vicini: i due crateri condividono quella che a prima vista sembra una sezione comune del bordo. Ma Capella si sovrappone a Isidorus, essendo il più giovane della coppia.

Dall'aspetto non si direbbe: Capella appare molto malconcio e decisamente arrotondato. Isidorus ha un bordo blando che circonda un pavimento interno piatto. La sua principale caratteristica interna è il bellissimo cratere Isidorus A, a forma di scodella, lungo 9,9 km e spostato dal centro di Isidorus verso ovest. Al contrario, il bordo di Capella è così consumato che può essere difficile da distinguere in certe condizioni di luce. Ampie e poco definite terrazze creano una superficie ondulata che si estende dal limite del bordo verso la singolare montagna centrale, nel cuore del cratere.
Anche questa non è particolarmente frastagliata, ma si innalza dolcemente fino a creare una punta centrale.
Capella ha una profondità stimata (dalla cima del bordo al punto più basso del pavimento del cratere) di circa 3,5 km.
La caratteristica più curiosa di Capella si vede meglio in condizioni di scarsa illuminazione, quando il terminatore è vicino. In questi momenti è possibile osservare una valle che attraversa Capella da nord-ovest a sud-est.
Si tratta di un altro elemento antico, più antico di Capella: Vallis Capella.
È lunga 110 km ma è appuntita: si estende per 14 km all'estremità più larga a nord-ovest e si restringe a circa 2 km all'estremità sud-est prima di esaurirsi. Vari crateri più piccoli sono disseminati nell'area, suddivisa tra satelliti di Isidorus a ovest e Capella a est. Il cratere più grande, a est di Capella, è Gutenberg, largo 75 km e riempito di lava. È un cratere interessante da osservare ed è associato a una serie di sottili fenditure che si estendono da Gutenberg verso nord-ovest. Queste fenditure, che corrono per 330 km, sono note come Rimae Gutenberg. Essendo larghe solo 2 km, per osservarle si consiglia un cannocchiale da 300 mm o più grande. A sud di Isidorus, all'interno delle pianure laviche del Mare Nectaris, si trova l'antico cratere fantasma Daguerre, largo 131 km. Lo si vede meglio quando la luce è obliqua, con il terminatore vicino. È stato quasi completamente inghiottito dalla lava del Mare Nectaris, ma la sua forma emerge superba sulla superficie lavica, conservando magnificamente l'antico profilo. A ovest di Isidorus si trova una regione piatta di lava che unisce il Mare Nectaris al Mare Tranquillitatis, più a nord. La superficie non è liscia e mostra al contrario una consistenza ruvida quando la luce è bassa.
Si chiama Sinus Asperitatis, la baia delle asperità. A sud di questa baia si trova uno spettacolare trio di crateri: Theophilus (101 km), Cyrillus (98 km) e Catharina (101 km).



Il malconcio Capella è attraversato dalla profonda spaccatura della Vallis Capella e si trova in una regione segnata da numerosi piccoli crateri da impatto

COMETE E ASTEROIDI

Il ritorno della cometa Olbers

Purtroppo la cometa 12P/Pons-Brooks, ben posizionata per gli osservatori boreali in marzo-aprile, si trova molto a sud del Sole in maggio e in giugno s'inoltra profondamente nell'emisfero australe, risultando di fatto invisibile dall'Italia. In attesa della cometa C/2023 A3 Tsuchinshan-ATLAS, che potrebbe diventare appariscente il prossimo ottobre, in questo bimestre segnaliamo la 13P/Olbers che il 30 giugno viene a trovarsi al perielio, a 176 milioni di km dal Sole. Ecco le effemeridi di questa cometa, dal periodo di quasi 70 anni, che venne scoperta da Heinrich Olbers nel 1815.

COORDINATE DELLA COMETA 13P/OLBERS A MAGGIO E GIUGNO

Data	AR	Dec.	Magn.	Elong.
1 maggio	4h38m	+26°16'	6,9	31°
10 maggio	5h05m	+29°35'	6,8	28°
20 maggio	5h31m	+33°09'	6,6	26°
30 maggio	6h05m	+36°28'	6,4	25°
10 giugno	6h50m	+39°32'	6,4	26°
20 giugno	7h37m	+41°29'	6,2	28°
30 giugno	8h29m	+42°14	6,1	30°

A fine giugno la cometa sarà nella costellazione della Lince, lungo l'allineamento che dalla stella Theta (θ) dell'Orsa Maggiore conduce alla Kappa (κ) della stessa costellazione, prolungando questa linea della stessa distanza che separa le due stelle.
Grazie all'elongazione di 30° dal Sole, già un buon binocolo dovrebbe consentire di farla scorgere nel cielo serale a nord-ovest, verso la fine del crepuscolo. Le stime che abbiamo indicato sulla magnitudine sono "salomoniche" in quanto, al 30 giugno, variano da 7,5 a 4,5.

COORDINATE DI CERERE NEL MESE DI GIUGNO

Data	AR	Dec.	Magn.
1 giugno	19h30m	-26°20'	7,9
5 giugno	19h28m	-26°38'	7,9
10 giugno	19h25m	-27°04'	7,8
15 giugno	19h22m	-27°31'	7,7
20 giugno	19h18m	-27°58'	7,6
25 giugno	19h14m	-28°24'	7,5
30 giugno	19h09m	-28°49'	7,4

A caccia di Cerere

In questo bimestre Vesta viene a trovarsi più lontano dalla Terra e (angolarmente) vicino al Sole e per questo passa lo scettro a Cerere, che invece è molto ben posizionato, soprattutto a fine giugno. Anche se dal 2006 Cerere rientra (come Plutone) nella categoria dei pianeti nani, ci sembra doveroso considerarlo. Si trova nella costellazione del Sagittario, quindi angolarmente molto lontano dal Sole. A fine giugno ha magnitudine 7,4. Nella tabella alcune posizioni di Cerere limitatamente al mese di giugno, quando è meglio posizionato (passa in opposizione il 6 luglio).

▲ Posizione della cometa 13P/Olbers la sera del 30 giugno. In alto sono visibili le quattro stelle del Gran Carro; la stella più luminosa all'estrema destra è la stella Polare

▲ Posizione di Cerere la sera del 30 giugno, tra le stelle τ (Tau) e Ascella (Zeta, ζ) del Sagittario.

CIELO PROFONDO

Sei oggetti Messier nella regione del Gran Carro

1/M101

Iniziamo con M101, una galassia spirale di magnitudine 7,9 vista di fronte, nota anche come Girandola. È facile da trovare poiché con le stelle Zeta (ζ) ed Eta (η) Ursae Majoris forma un triangolo equilatero. Avendo una dimensione di 20x15 primi, M101 appare grande attraverso un telescopio da 150 mm. Pur presentando una bassa luminosità superficiale, è relativamente facile da vedere. Un piccolo telescopio mostra un oggetto ovale con un piccolo nucleo centrale, macchiettato e con luminosità non uniforme. Strumenti più grandi forniscono un'immagine più definita dei bracci a spirale, rivelando zone di addensamenti di stelle.

2/M51

Chiamata anche Galassia Vortice, M51 ha una magnitudine di 8,4 ed è una galassia a spirale vista di fronte, come M101. M51 è più piccola di M101, avendo dimensioni di 11x7 primi, ma ha una luminosità superficiale maggiore. Si trova nei Cani da Caccia, 3,6° a sud-ovest di η Ursae Majoris, lungo l'allineamento che da questa stella conduce alla Alfa (α) Canum Venaticorum (dei Cani da Caccia). Strumenti piccoli mostrano un alone screziato che circonda un nucleo più brillante. La galassia ha un compagno interagente di simile luminosità superficiale ma più piccolo. È NGC 5195, di magnitudine 9,6 e dimensioni di 5x4 primi. Uno strumento da 25 cm o maggiore inizia a mostrare i bracci a spirale di M51.

3/M106

L'oggetto successivo è M106, 12° a ovest di M51 e circa a metà strada tra Gamma (γ) Ursae Majoris e Beta (β) Canum Venaticorum. È una galassia luminosa ed estesa, che ha una magnitudine di 8,4 e dimensioni di 19x8 primi. Come M51, M106 si trova nella costellazione dei Cani da Caccia. Un telescopio da 15 cm (come sempre sotto un cielo limpido e scuro) mostra una macchia screziata con una regione luminosa che circonda un nucleo brillante. Strumenti maggiori tendono a far percepire bracci a spirale in prossimità del nucleo, mentre quello a nord-est è leggermente più luminoso. La più piccola galassia NGC 4248 è localizzata 13 primi a nord-est. Ha una magnitudine di 12,6 e una dimensione di 3x1,2 primi; la luminosità superficiale è pari a quella di M106.

4/M109

Con M109 si ritorna nell'Orsa Maggiore. Questa galassia spirale barrata, di magnitudine 9,8, è davvero facile da localizzare. Basta estendere la linea che da β conduce a γ Ursae Majoris andando oltre di 39'. Usando un basso ingrandimento si possono avere sia γ (Phecda) che M109 nello stesso campo. A causa della dimensione di 7,6 x 4,9 primi, la luminosità superficiale di M109 è bassa e questo la rende difficile per i piccoli telescopi, che la mostrano come una macchia nebbiosa. Il suo alone appare indistinto e debole, il nucleo piccolo ma concentrato. La barra centrale e i bracci strettamente avvolti possono essere visti con strumenti grandi e poteri di 150-250x, con i quali si hanno le viste migliori.

5/M63

Come M51 si trova nell'allineamento che da η Ursae Majoris conduce ad α Canum Venaticorum, ma M53 è più vicina alla stella α (nota anche con il nome di Cor Caroli). Questa galassia a spirale ha magnitudine 9 e dimensioni di 11x7 primi. Vista con un telescopio da 20 o (meglio) 25 cm mostra una forma chiaramente allungata quasi esattamente in direzione est-ovest, con un nucleo esteso e piuttosto luminoso. Un telescopio anche piccolo mostra in prossimità del suo bordo occidentale una stella di nona magnitudine. Per la nostra visuale si presenta con un'inclinazione quasi esattamente intermedia tra quella delle galassie viste di taglio e quelle viste di fronte.

6/M108

Ecco l'ultima galassia proposta in questo nostro tour. Per localizzare M108, di magnitudine 10,0, basta spostarsi di 1,5° da β (Merak) verso γ Ursae Majoris. Rispetto a questa linea la galassia è a sud di soli 0,3°. Con un piccolo strumento non è facile da vedere, ma un telescopio da 15 cm rivela un bagliore elongato di 8x1,5 primi. Un potere di 100x consente di percepire un aspetto non uniforme, grumoso, ma nessun nucleo. Quest'ultimo non è visibile neppure con strumenti maggiori, che però mostrano la galassia più luminosa e un alone elongato e illuminato in modo ineguale. M108, che recentemente ha ricevuto l'appellativo di Galassia Surfboard, è vista quasi di taglio.

◂ La galassia M63 in una fotografia ottenuta da Aldo Tonon con un telescopio da 60 cm. È nota anche con la sigla NGC 5055 e ancor più col nome di Galassia Girasole. Situata a una distanza sui 35 milioni di anni luce, ha una massa tra 90 e 130 miliardi di soli.

AL BINOCOLO

Visione distolta per un ammasso globulare e tante galassie

1/M53 (10x50)
Un grado a nord-est della stella Alfa (α) della Chioma di Berenice, di magnitudine 4,3 e nota anche con il nome di Diadem, si trova una piccola macchia nebbiosa che appare crescere in dimensioni e luminosità se la si guarda con la visione distolta. L'apparente variazione, che dimostra la differenza tra la visione diretta e quella leggermente laterale, è ben evidente con questo ammasso globulare, di magnitudine 7,7.
È utile esercitarsi in questa tecnica per vedere le galassie della Catena di Markarian.

2/FS Comae (10x50)
A metà della distanza che separa Diadem con Beta (β) Coma Berenices e 1° a ovest, troviamo la stella arancione FS Comae che brilla intorno alla 6° magnitudine. Ma la luminosità di questa stella, che è una variabile semi-regolare, varia da 5,3 a 6,1 in un periodo di 55-58 giorni. Analisi dello spettro della stella rivelano variazioni nella velocità radiale sulla superficie: questo significa che la variabilità è dovuta a pulsazioni nel suo diametro.

3/28&29 Comae (15x70)
5° a nord-ovest della stella Vindemiatrix (Epsilon, ε, della Vergine) si trova una coppia di stelle bianche separate da mezzo grado e orientate approssimativamente in direzione nord-sud. La più a sud, la 28 Comae, ha magnitudine 6,4 ed è la più brillante di un piccolo parallelogramma di stelle. 29 Comae ha magnitudine 5,7 ed è la più brillante di tre stelle che formano un tripletto. Il compagno più luminoso ha magnitudine 8,6 e dista 5 primi d'arco, in direzione di 28 Comae; il più debole (magnitudine 9,9) è più vicino di 1 minuto d'arco.

4/Melotte 111 (8x30)
Questo ammasso, spesso indicato come Mel 111, è noto anche come Ammasso Aperto della Chioma di Berenice. È ideale per essere osservato con un binocolo a grande campo e di conseguenza a basso ingrandimento, da 6 a un massimo di 10. La sua estensione di diversi gradi è dovuta alla sua vicinanza, di 280 anni luce. Sotto un cielo limpido le sue stelle più luminose sono già percepibili a occhio nudo; ha una forma a cono e vi sono diverse stelle che formano delle larghe coppie.

5/M49 (15x70)
Localizzate dapprima la stella Rho (ρ) Virginis, di magnitudine 4,9, quindi posizionatela nel bordo nord-ovest del campo di veduta. Sul lato opposto dovreste vedere una coppia di stelle di sesta magnitudine, separate fra loro in direzione sud-est/nord-ovest da poco più di 1°. La galassia M49 è la piccola macchia di luce ovale tra queste due. Usate la visione distolta per vedere quante galassie riuscite a scorgere in questa regione di cielo. Questa galassia, le cui dimensioni sono di 9'x7', ha magnitudine 8,4.

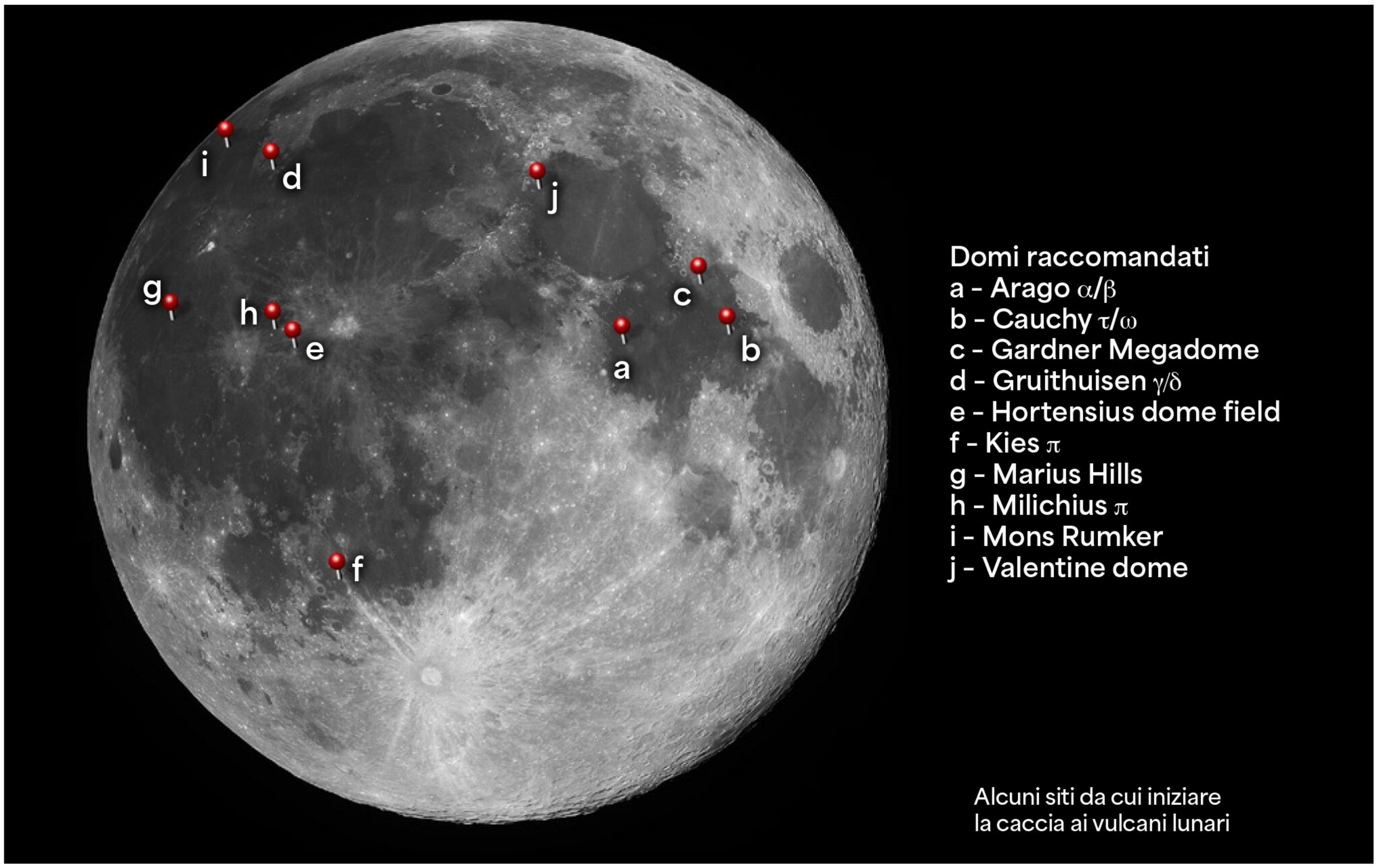
6/Catena di Markarian (15x70)
Questa catena di galassie, che probabilmente avete visto a nord di M49, si trova quasi esattamente a metà strada fra Vindemiatrix e Denebola. Quando il cielo è molto favorevole, ovvero trasparente e lontano da fonti luminose, iniziando da M84 e M86, dovreste essere in grado di identificare almeno le sette galassie più luminose della catena. In ogni caso, la visione consisterà nella percezione di piccole macchie nebbiose.

▲ L'ammasso globulare M53 come appare attraverso un grande telescopio; con un binocolo è una macchia di luce priva di stelle

METTETEVI ALLA PROVA

I domi lunari sono resti del passato vulcanico della Luna. Quanti ne riuscite a trovare?

Pete Lawrence



Poiché la Luna è ben posizionata nel cielo serale durante il mese di maggio, diamo un'occhiata ai domi lunari.
Gran parte dei dettagli della Luna che si possono osservare al telescopio derivano da impatti meteorici sulla superficie. Caratteristiche come crateri e bacini sono il risultato di impatti antichissimi. Ma sulla superficie lunare si trovano anche testimonianze di attività vulcanica. Alcune sono evidenti quando le si osserva, come le macchie scure intorno al bordo interno del cratere Alphonsus, largo 118 km, risultato di eruzioni di getti incandescenti da fessure nel pavimento del cratere. Strutture meno evidenti, che richiedono un po' di pazienza per essere individuate, sono i domi lunari. Si tratta di colline con pendenze lievi e cime arrotondate che si innalzano fino a qualche centinaio di metri di altezza. Si vedono meglio quando il terminatore è vicino e l'illuminazione è obliqua, e possono risaltare in modo sorprendente. Quando si vede un domo lunare si sta osservando una formazione derivante da un vulcano a scudo.
Un vulcano a scudo è un tipo di vulcano che produce lava a bassa viscosità, in grado di percorrere grandi distanze dal punto di eruzione e formare flussi generalmente più sottili. Il nome deriva dalla forma che ne scaturisce, che ricorda l'aspetto a cupola dello scudo di un guerriero posato a terra.

Esistono molti esempi di domi lunari e la loro ricerca può diventare un'ossessione. Di seguito vi proponiamo una serie di domi con cui iniziare, ma non sono affatto tutti.
A est si trovano i domi Cauchy Tau (t) e Omega (ω), rispettivamente a sud e a sud-ovest del cratere Cauchy, largo 13 km. Il cosiddetto Gardner Megadome è una struttura a cupola enorme ma difficile da individuare, con un diametro di 80 km e una depressione al centro. Si trova a sud del cratere Gardner, largo 18 km. Anche il Valentine Dome, vicino al punto di incontro tra Mare Serenitatis e Mare Imbrium, merita una visita. Si trova a 105 km a nord-ovest del cratere Linne, largo 3 km. Nel Mare Tranquillitatis cercate di trovare Arago Alpha (α) e Beta (β).
A ovest i domi si sprecano, a cominciare da Mons Rumker, una struttura vicina al margine nord-occidentale che assomiglia a un lampone. Due domi evidenti si trovano vicino a Mons Rumker: sono Gruithuisen Gamma (γ) e Delta (δ). Vengono spesso paragonati a vasche da bagno rovesciate! A ovest e a nord del cratere Marius, largo 41 km, si trova un'intera distesa di domi, nota come Marius Hills. Più a est, verso Copernico, si trovano Milichius Pi (π) e il superbo complesso di Hortensius.
A sud, intorno al Mare Numbium, si trova Kies Pi (π), immediatamente a ovest di Kies (largo 45 km). Con la nostra guida prova a vedere quanti riesci a trovarne!

Immagine selenocromatica (Si); tecnica L+C(IRcut); acquisizioni di Ottavio Zetta al 24° giorno di lunazione; CCE Aldo Ferruggia

ALLA SCOPERTA DI UN LONTANO PASSATO GEOLOGICO

LA LUNA PARLA A COLORI

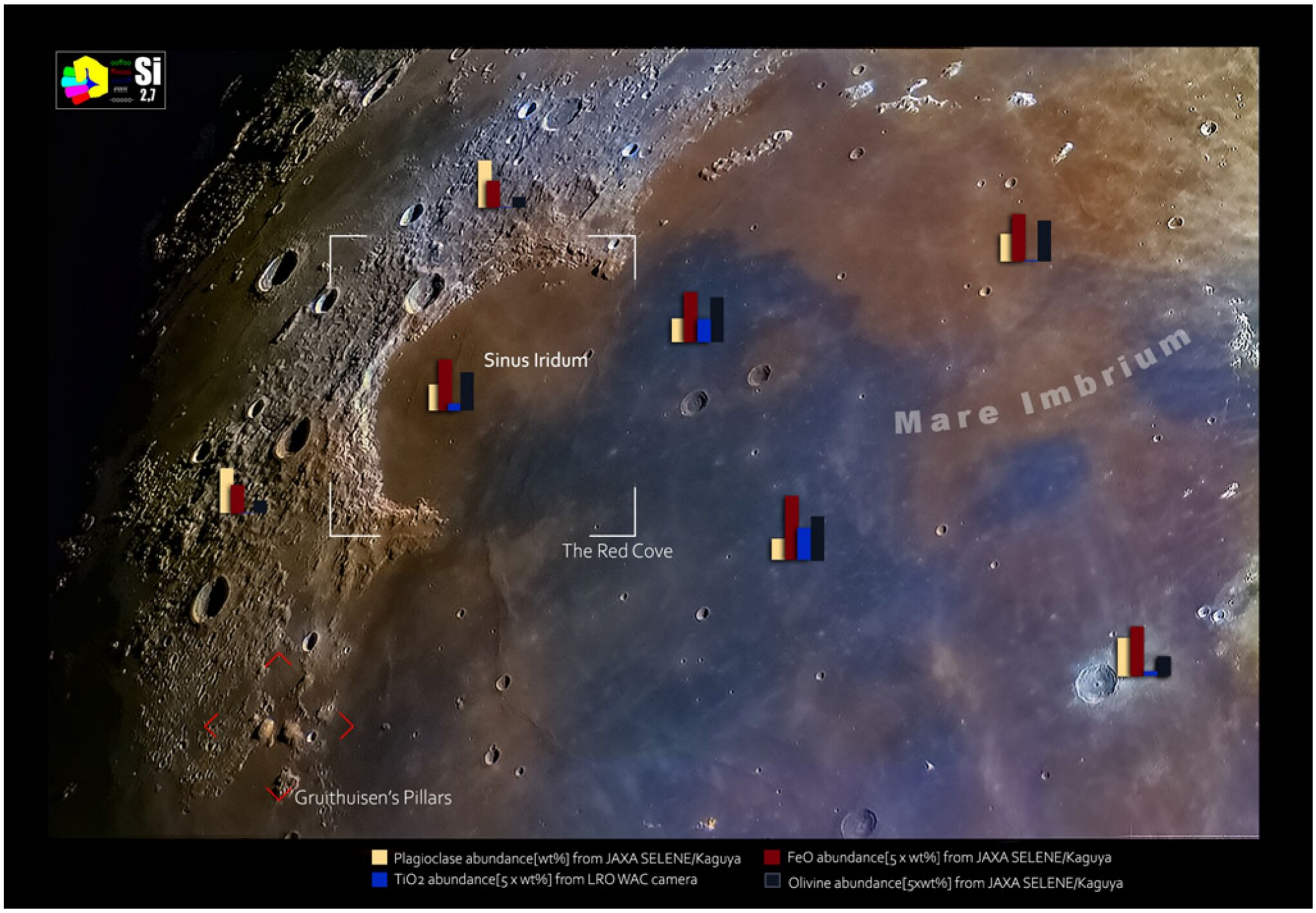
Aldo Ferruggia

Queste immagini straordinarie vi mostrano il nostro satellite come non lo avete mai visto: sono state ottenute con tecniche di "selenocromatica", l'affascinante studio della relazione tra i minerali della superficie lunare e la luce che riflettono. Una ricerca per iniziati? No, è alla portata di tutti gli astrofili

Dalla Terra appare bianca e grigia, eppure ogni suo sasso ha uno specifico colore. Priva di atmosfera, la Luna da miliardi di anni subisce impatti di meteoriti più o meno grandi. Questo bombardamento ha profondamente modificato l'aspetto della sua crosta. Frammenti d'impatto di varia grandezza, anche grazie a una gravità 6 volte inferiore a quella terrestre, hanno ricoperto la sua intera superficie: è lo strato di breccia lunare, di colore neutro, spesso alcuni metri, prodotto dalla frammentazione e dal rimescolamento superficiale. Ma è possibile esaltare i contrasti, tanto da rendere visibili i colori dei minerali prevalenti in una data zona senza creare artefatti. Si chiama "selenocromatica" la tecnica di *remote sensing* amatoriale, che studia la relazione nel tempo tra i colori della crosta lunare e i minerali di cui è costituita.

In selenocromatica si usano specifiche tecniche di acquisizione - L(DVF) + C(IRcut) - e metodiche di Esaltazione Cromatica Controllata - CCE - standardizzate. Grazie a questo rigore in selenocromatica si è in grado di associare minerali e colori, di analizzare colori complessi derivati ad esempio dal mixing orizzontale di materiali che si rimescolano per contiguità (ejecta e raggiere), ma anche verticale, dal basso verso l'alto (microcraterizzazione con esposizione superficiale di materiali profondi di diverso cromatismo). Questo studio, che sfrutta l'esperienza della sottrazione cromatica (l'esempio più tipico è la generazione per miscelazione dei colori della pittura a olio, partendo dai colori primari) permette di approdare a una conoscenza stratigrafica della crosta lunare. E poiché parlare di strati corrisponde a parlare di tempo, la selenocromatica permette anche lo studio della cronologia lunare. Ma sospendiamo per ora l'approfondimento della straticromatica lunare per ritornare al rapporto colore-minerali, ricordando come la composizione delle rocce non sia l'unico fattore a determinare il colore lunare. L'incidenza della luce solare unita alla curvatura della sua superficie genera infatti distorsioni cromatiche, non solo nelle zone scure e nelle aree fortemente riflettenti ma anche nei pressi del terminatore e dell'orizzonte per schiacciamento prospettico. La cosiddetta maturazione del suolo lunare, poi, deriva dalla

▼ FOTO 1: "Si" dei pressi di Mare Nectaris con alcuni "reperi" selenocromatici; i grafici minerali dei reperi Gaudibert Red Shell e Daguerre's Comma si riferiscono ai depositi piroclastici al centro dei "target" rossi. I valori di FeO, TiO2 e Olivina sono stati aumentati cinque volte per renderli maggiormente apprezzabili. Luminanza ed elaborazione dati di A. Ferruggia, cromianza di O. Zetta



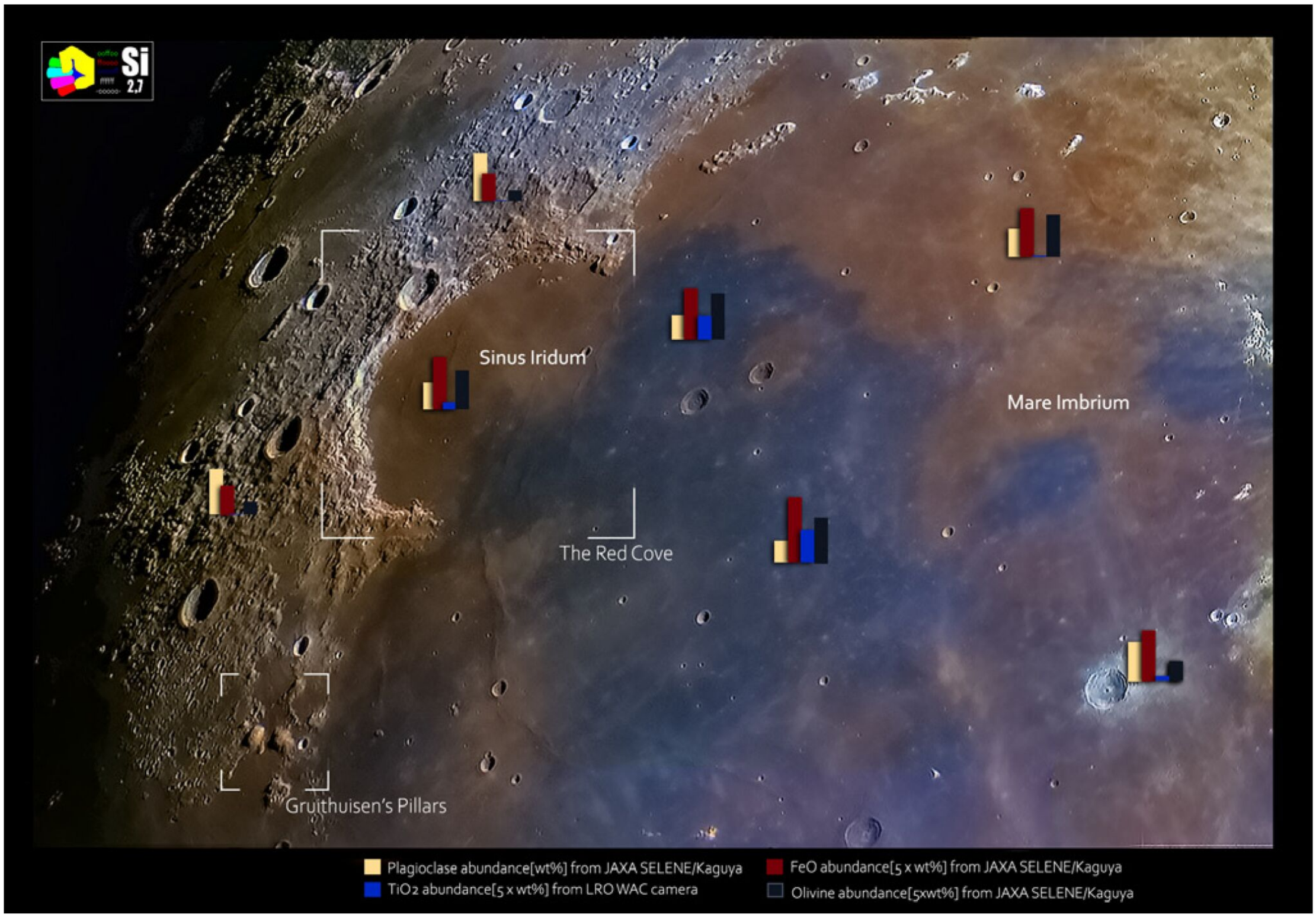
continua esposizione della crosta agli impatti, al vento solare e all'ambiente riducente, tre fattori che conferiscono al suolo un colore più scuro. Ai fini della riproducibilità dei risultati delle nostre tecniche, dobbiamo quindi tenere presente che le caratteristiche spettrali di riflettanza degli stessi minerali lunari purtroppo non sono costanti: così non ci si dovrà aspettare una resa cromatica univoca per un dato minerale/roccia/area, ma una "serie" di probabili colori in base all'incidenza della luce solare e allo *space weathering*.

Prima di passare ad analizzare la distribuzione dei colori sulla crosta lunare, facciamo notare che tutte le immagini di questo articolo sono ottenute con telescopi di 20 cm di diametro dello specchio primario, a dimostrazione della praticabilità delle tecniche selenocromatiche da parte dell'astrofilo medio. È utile suddividere i colori dei più comuni minerali lunari in base alla loro topografia. Il colore delle terre lunari (o *highlands*), è un colore chiaro e neutro, vicino all'ocra proprio della roccia più comune delle pianure chiare, delle montagne, dei massicci e degli altopiani. Si tratta dell'anortosite ferrosa (FAN), che ha tra le sue caratteristiche quella di essere ricca di plagioclasio ricco di calcio. Il colore può virare al rosa, al grigio o all'arancione in caso di contaminazione dal basso (craterizzazione che riporta in superficie minerali colorati situati più in profondità), o a distanza (sovapposizione di frammenti da impatto).

I Mari (o *Maria*) sono le aree più piatte e più scure della Luna, in quanto i basalti di cui sono costituiti sono ricchi di Olivina e soprattutto di ilmenite (FeTiO3). La grande variabilità di concentrazione del titanio nei basalti (dal 13 allo 0,5%) produce sfumature che vanno dal blu al rosso. Il contenuto di Olivina di un'area influenza il suo inscurimento.

Saranno quindi l'ilmenite ricca di titanio (sfumature viola, blu, verdi) o di ferro (marrone, rosso, arancione) a creare la gran parte dei contrasti cromatici della crosta lunare, comportandosi invece anortosite e Olivina come agenti di chiaro/scuro. Alcune formazioni geo-cromatiche lunari sono tanto particolari da essere state riunite in un apposito atlante (Atlante Selenocromatico del GAWH), strumento che serve anche a calcolare lo *score* di affidabilità dei cromatismi delle immagini selenocromatiche (Si). ▶

▼ FOTO 2: immagine selenocromatica di parte di Mare Imbrium con alcuni "reperi" selenocromatici (quadrati); nei grafici dei minerali i valori di FeO, TiO2 e Olivina sono stati aumentati cinque volte per renderli maggiormente apprezzabili. Immagine ed elaborazione dati di A. Ferruggia



Chrono-chromatic Map

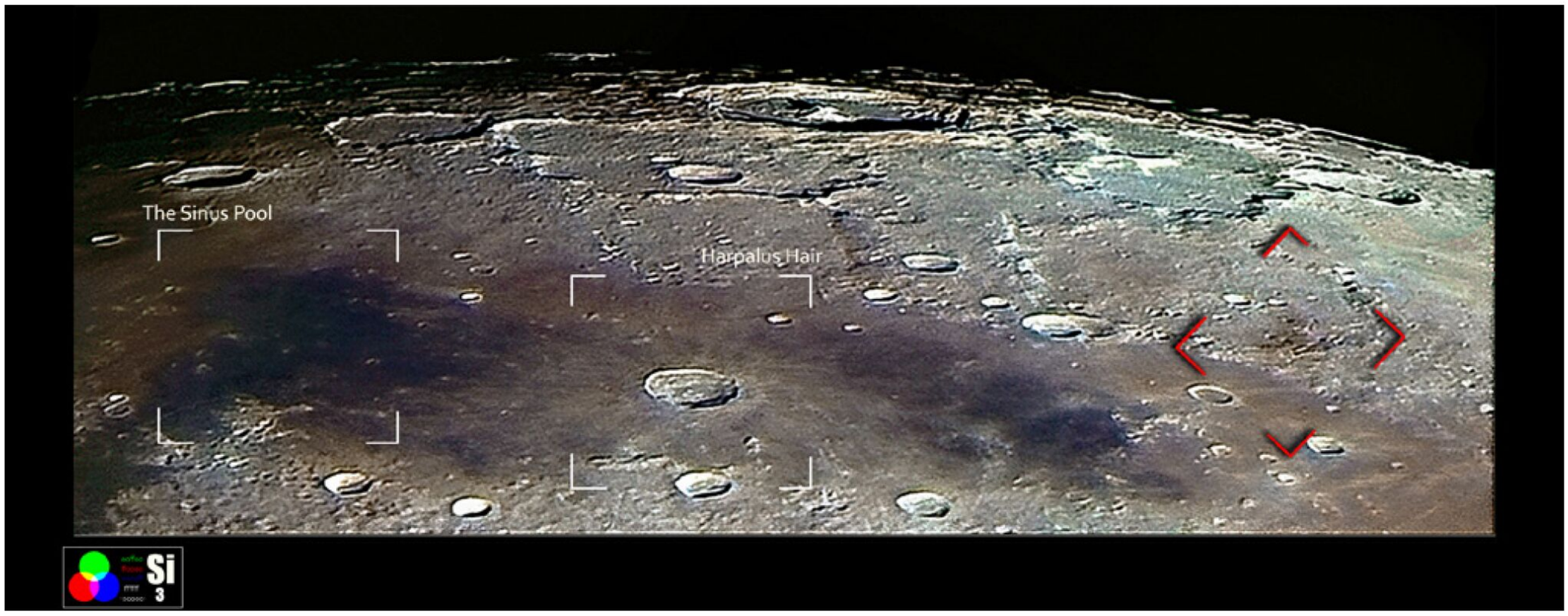
The age of geologic structures is individuated by letters for selenochromatic 'eons '
(**P**: paleo; **M**: meso-; **N**: neo-chromatic) and colors for their geologic periods. So we can find

P: pre-Nectarian (4,5<> 3,9 Ga);

P: Nectarian (3,9<>3,85 Ga);
M: Imbrian (3,85<>3,2 ga),
M: early Erathostenian(3,2<>2 ga)
N : late Erathostenian (2<>1,1 Ga),
N : Copernican, from 1,1 billion years to the present day);
The map is not stratigraphic; scientific data from USMMv2 and Hiesinger et al. (2011)

Pyroclastic formation (to be considered as Imbrian)

In Selenocromatica si usano anche mappe geo-cromatiche, strati-cromatiche e crono-cromatiche. In questa immagine abbiamo un esempio di mappa crono-cromatica dell'area nord-orientale della Luna. Riprese di A. Ferruggia e O. Zetta.



▲ **FOTO 3: Immagine selenocromatica (Si) dell'area nei pressi del cratere Pythagoras con tre "reperi" selenocromatici di cui uno (segnalato dal quadrato rosso) di origine piroclastica (The Herschel Mufflers) con grafici minerali; i valori di FeO, TiO2 e Olivina sono stati aumentati cinque volte per renderli maggiormente apprezzabili. Immagine ed elaborazione dati di A. Ferruggia**

Aldo Ferruggia, medico, si interessa di archeologia e storia antica (Le guerre senza nome, Neos Edizioni). Appassionato di sperimentazione amatoriale, collabora con diverse testate di divulgazione astronomica.

Tali formazioni, individuate come "reperi" nell'Atlante, spesso sono individuate con nomi fantasiosi. Gli Azure Haloed Craters (AHC) o Azure Spots, sono "macchie celesti" (talora verde acqua) in aree delle *highlands.* Quasi sempre associate a elevata albedo (riflettività), derivano quasi tutte da aloni e raggiere d'impatto di giovani crateri, come l'alone azzurro intorno ad Alfraganus (Alfraganus Azure Crater, foto 1).

Le alte temperature dell'impatto hanno generato i cristalli azzurri tipici di queste raggiere che, in quanto tali, non sono state ancora degradate dallo *space weathering*. Quando i piccoli aloni azzurri si trovano in prossimità di strutture di diverso colore assumono il nome di gemmae, proprio per i gradevoli contrasti cromatici che determinano (ad esempio Gemma Censorinii, foto 1). Ma le raggiere e gli aloni d'impatto non sono tutti azzurri. Ce ne sono anche di scuri (di colore caldo o freddo): sono i cosiddetti "DHC" (Dark Halo Craters), crateri attorniati da un anello scuro che spicca in un contesto più chiaro e per questo se ne consiglia l'acquisizione in piena luce, lontano dal terminatore e dall'orizzonte lunare. Una parte minore origina da fenomeni piroclastici (tipo Alphonsus R), ma la maggioranza da impatti meteoritici che "pescano" in strati profondi scuri riportando in superficie tali materiali (ad esempio Copernicus H).

Una particolare e più rara variante di crateri colorati sono gli RHC (Red Halo Craters): talora nei mari il materiale riportato in superficie è più chiaro o di diverso colore rispetto a quello circostante. Ne derivano piccole raggiere che a mo' di macchie rossastre spezzano la monotonia delle grandi superfici piatte. Un esempio nitido è il "Beaumont L RHC" (foto 1).

Ci sono poi i Red Spots, formazioni geo-cromatiche costituite da magmi ricchi di silicio; si tratta di isolati promontori irregolari, caratterizzati da un colore che va dal rosa all'arancione, fino al rosso mattone. Ne sono esempi Mons Hansteen (The Biscuit On the Coffee), i promontori detti "Gruithuisen's Pillars" (foto 2), il vulcano a scudo di Agatharchides 1 (The Red Helmet) e altri ancora. Ma il vulcanesimo lunare ha anche prodotto con attività esplosiva Dark Spots (o Lunar Pyroclastic Deposits, LPDs), aree scure a causa della presenza di un elevato tenore di Olivina e Pirossene. In generale hanno composizione simile a quella dei basalti maturi dei mari, a relativamente basso contenuto di ossidi di titanio. Le loro sfumature (arancione, viola, blu, verde, granato) sono dovute all'incidenza della luce, all'invecchiamento dei loro strati esposti e, soprattutto, alla chimica dei cristalli dei frammenti basaltici che li compongono: un eccesso di titanio farà virare il colore al blu/viola, alti livelli di ferro e titanio produrranno un marrone cupo, il rosso ci racconterà di alte concentrazioni di ossidi di ferro. Alcuni piccoli Dark Spots presentano materiali esposti con caratteristiche più simili a quelli delle *highlands* e in questo caso hanno maggiore albedo. Possiamo apprezzare, tra gli esempi di Dark Spots le formazioni sul fondo del cratere Alphonsus (Jaws Of Hell), quelle sul bordo del cratere Herschel (The Herschel Mafflers) e quelle di Mare Nectaris (foto 1 e 3).

Ringraziamo per la collaborazione gli amici di Selenochromatics del Gruppo Astrofili William Herschel di Torino (https://www.gawh.it/main/selenocromatica/) e invitiamo tutti gli interessati a contattarci. Stiamo ultimando il primo catalogo dei crateri con alone colorato e stiamo mettendo a punto i criteri della campagna di rilevazione di nuovi "cryptomaria", antichi mari coperti da materiale eiettato da grandi impatti. La selenocromatica non è solo descrizione, ma anche esplorazione, e perciò ogni contributo è ben accetto.

STORIE DI ASTROFILI
DALLA COSTIERA AMALFITANA AL CILE

TELESCOPI REMOTI: UN CLICK E SI FOTOGRAFA IL CIELO AUSTRALE

Luigi Morrone

Da diversi anni i telescopi remoti permettono agli amanti dell'astronomia di allargare i propri orizzonti di osservazione. Oggi i progressi dell'elettronica, dell'informatica e delle ottiche fanno sì che sia possibile gestire osservatori astronomici in completa o quasi autonomia. Con le connessioni Internet attuali, qualsiasi osservatore può collegarsi a telescopi in qualsiasi località del globo terrestre e acquisire immagini sia per fini estetici che per scopi scientifici. Basta un semplice click dalla propria scrivania di casa per diventare parte attiva della ricerca astronomica. Le osservazioni in remoto offrono il vantaggio di lavorare su materiali grezzi originali in maniera pratica, economica ed efficiente.

Vivo ad Agerola (630 m s.l.m.), un piccolo paese sulla Costiera Amalfitana. Il lavoro mi porta a essere a contatto con il cielo (nella vita sono un ingegnere aerospaziale) e questa passione la rincorro anche nel mio tempo libero. Fin da piccolo mi hanno attratto la scienza e in particolare l'astronomia. Attualmente dispongo di diversi strumenti (C14 Edge HD, Rifrattore TS 152 mm, Newton 250 mm) abbinati a varie camere di ripresa e diversi tipi di filtri che uso sia per la ripresa in alta risoluzione di pianeti, Sole e Luna sia per il *deep sky imaging*. Partecipo a campagne osservative per occultazioni asteroidali e monitoro, nei periodi favorevoli, i pianeti Venere, Giove, Saturno, Urano e Nettuno.

Da qualche tempo sto lavorando con telescopi remoti gestiti da "Telescope Live" (*https://telescope.live/home*), una rete globale di strumenti robotizzati. Attraverso una semplice interfaccia, è possibile usufruire di telescopi che vanno da 10 cm fino al metro di diametro. Questi strumenti, collocati in Cile, Spagna e Australia, permettono di usufruire dei migliori cieli del mondo con il vantaggio di poter osservare da entrambi gli emisferi. Con la piattaforma di "Telescope Live", che è molto semplice e veloce, è possibile accedere sia a un archivio di migliaia di immagini sia programmare sessioni su specifici target.

I progetti realizzabili con l'osservazione in remoto vanno dall'acquisizione di target per il *deep sky imaging* alla ripresa planetaria, per finire alla ricerca astronomica.

Tutti gli appassionati di astrofotografia sono continuamente alla ricerca di cieli bui per riprendere oggetti sempre più deboli e di particolare interesse, con il vantaggio di avere a disposizione diversi setup sia per la ripresa di oggetti a campo largo sia per oggetti che richiedono lunghe focali. Un ulteriore beneficio consiste nella possibilità di fotografare oggetti che alle nostre latitudini risultano troppo bassi sull'orizzonte, e di conseguenza subiscono la dispersione atmosferica. La possibilità di avere a disposizione una vasta varietà di immagini (galassie, comete, oggetti a largo campo, ammassi stellari e ammassi globulari) permette di migliorare sia la tecnica di ripresa sia la fase relativa al post-processing, con diverse soluzioni per ottimizzare i dati a disposizione. I software in commercio, tra cui "PixInsight" (*https://pixinsight.com/*), aiutano molto, soprattutto nella gestione dei processi di workflow.

Un importante contributo della ripresa in remoto si è avuto, soprattutto, nel campo della ricerca scientifica. La figura dell'astrofilo dei giorni nostri è molto diversa da quella di qualche anno fa. L'astrofilo "moderno" oggi ha a disposizione diversi strumenti, software, che gli permettono di partecipare attivamente alla ricerca. Le attività con telescopi in remoto sono molteplici.

Uno degli esempi più fecondi è la conferma e il monitoraggio degli oggetti cometari. Avendo a disposizione diverse postazioni, è possibile raccogliere fotoni per più nottate consecutive. I dati raccolti verranno trasmessi al Minor Planet Center, per mezzo del quale astronomi professionisti possono definire in modo preciso l'orbita cometaria, la natura dell'oggetto, la sua evoluzione nel tempo e così via.

La Nova Reticuli 2020 è un altro straordinario caso di come tecnologie remote possano contribuire al *follow-up* e alla scoperta di fenomeni celesti ▶

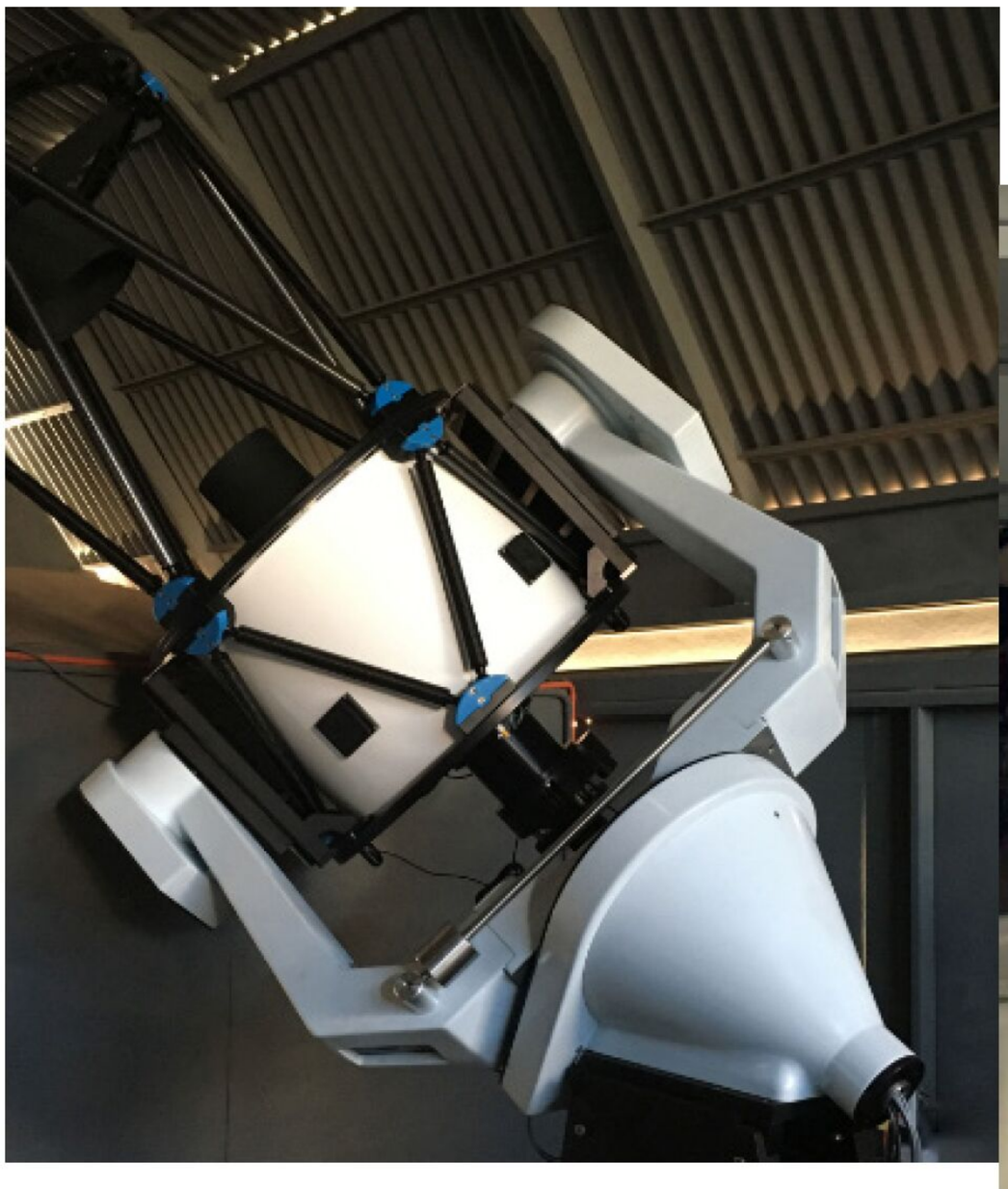
La galassia NGC 1365 nella costellazione della Fornace, fotografata dal Cile

DATI DI RIPRESA:
L:13x300s, R:16x300s,
G:9x300s, B:12x300s
Telescopio: ASA RC-1000AZ
Camera: FLI PL16803
Località: Río Hurtado, regione Coquimbo, Cile
Filtri: LRGB Astrodon
Elaborazione: Pixinsight and PS

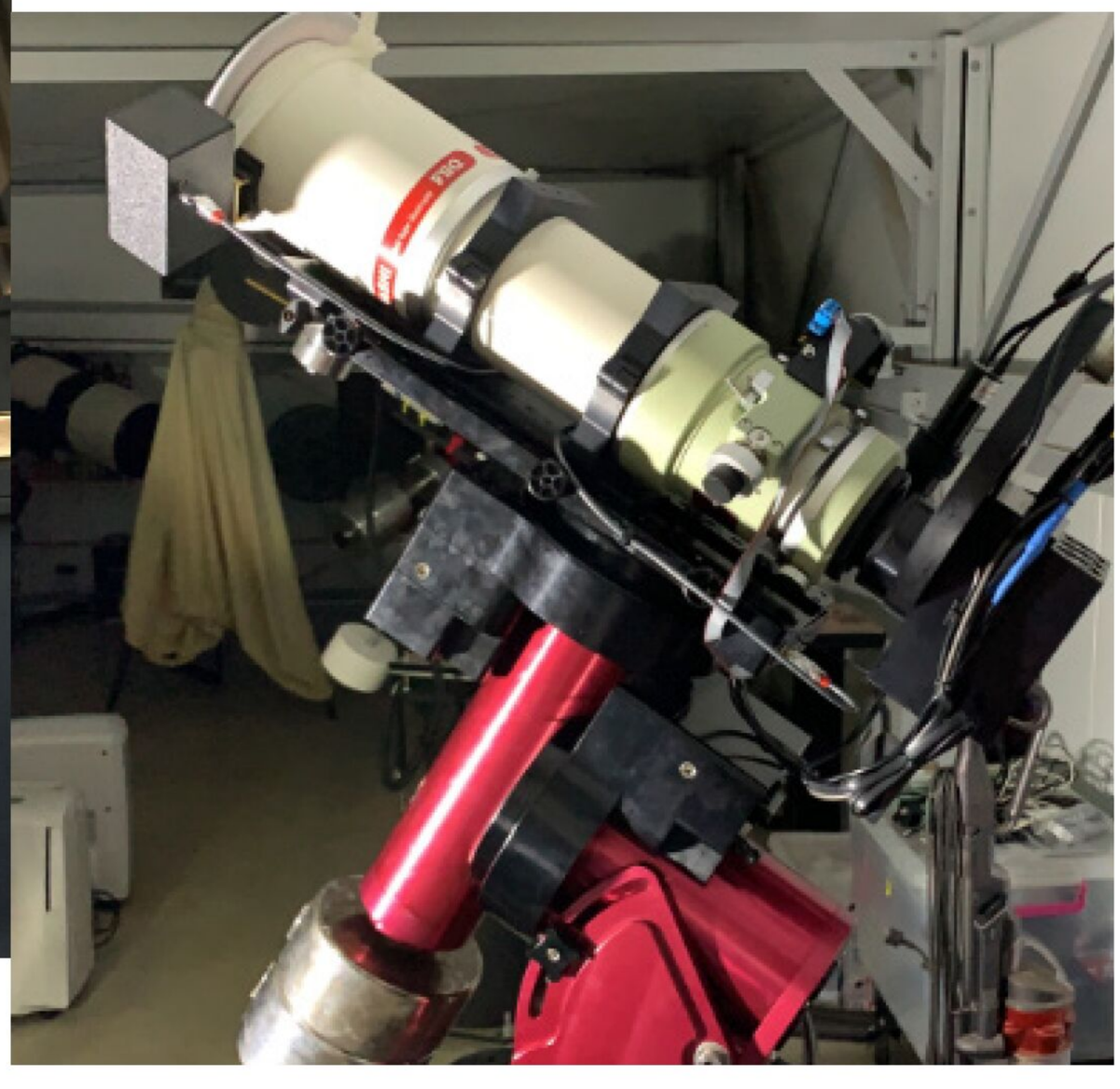
Copyright Luigi ...

La Nebulosa Laguna, nota come M 8, fotografata dall'Australia

DATI DI RIPRESA:
Telescopio: Takahashi FSQ-106ED
Camera: QHY 600M Pro
Località: Yass, New South Wales, Australia
Filtri: Astrodon SHO
SII:48x300s, Ha:47x300s, OIII:42x300s



▲ Australia, telescopio Takahashi FSQ-106ED (106 mm), F3.6.



▼Cile, telescopio Planewave CDK24 da 61 cm di diametro

eccezionali, rendendo l'universo un po' più vicino a tutti noi. La nova fece la sua comparsa nel cielo australe nel luglio 2020 e fu scoperta dall'astronomo Robert H. McNaught in Australia. Grazie ai telescopi remoti di "Telescope Live", è stato possibile seguire da vicino questo fenomeno pochissime ore dopo il primo alert da parte dello scopritore.

Utilizzando un astrografo da 0,1 m f/3.6, presso l'Osservatorio Heaven's Mirror in Australia, si sono ottenute immagini della nova il 16 luglio 2020. Queste osservazioni hanno rivelato che la nova brillava con una magnitudine di circa +4.5 nel filtro R, rendendola visibile anche a occhio nudo in condizioni di cielo buio. Questa scoperta non solo arricchisce la nostra comprensione delle dinamiche stellari, ma offre anche agli appassionati di astronomia l'opportunità unica di osservare direttamente un evento cosmico così raro. Di notevole interesse risultano anche le occultazioni asteroidali, in particolare per quegli oggetti definiti TNO (Trans Neptunian Object), ovvero corpi celesti del Sistema solare collocati oltre l'orbita di Nettuno a circa 30 UA (Unità Astronomiche) dal Sole. Lo studio delle dimensioni e della forma si può fare solo durante questi particolari eventi. Anche per questi rari fenomeni, avere telescopi in varie località aumenta la probabilità di ottenere dati utili alla comunità scientifica. Per le misure astrometriche e fotometriche esistono in commercio diversi tool, ma quello più consigliato, per semplicità e potenza di calcolo, è Tycho, sviluppato da Daniel Parrott (*https://www.tycho-tracker.com/*). Il software è molto *user friendly*. Caricando i dati raw, con semplici passaggi il software restituisce in output misure astrometriche, curve di luce, ecc. L'osservazione con telescopi robotizzati e controllabili da remoto offre molte possibilità sia al semplice appassionato sia all'astrofilo evoluto. La tecnologia ci offre diversi strumenti e sta a noi utilizzarli nel miglior modo possibile. Ogni singolo fotone che raccogliamo racconta la nostra storia, l'evoluzione del nostro mondo, e fa sentire meno soli in questo magnifico disegno cosmico. Diceva Carl Sagan: "Io credo che parte di ciò che alimenta la scienza sia la sete di meraviglia".

Luigi Morrone, ingegnere aerospaziale, è membro della British Astronomical Association e di AstroCampania. Ha partecipato a una campagna osservativa Pro-Am della Cloud Discontinuity sul pianeta Venere. Il lavoro, effettuato con osservatori europei e australiani, è stato pubblicato su varie riviste, tra cui *Sky & Telescope* e *Astonomy and Astrophysics*. Foto fatte con telescopi remoti nel febbraio scorso sono nel "Safari fotografico" di questo numero di *BBC Sky at Night*. Sulla pagina "Astrobin", i lavori che produce periodicamente: *https://www.astrobin.com/users/Luigi_morrone_1979/*

Milioni di rottami spaziali intorno alla Terra

C'È TANTA POLVERE MA NON È DI STELLE

Alla GAL Hassin (Isnello, Palermo), tre telescopi della rete mondiale che cercano di tenere sotto controllo la spazzatura in orbita per evitare collisioni con astronavi e satelliti

Di **Sabrina Masiero**

Il cielo pullula di rottami spaziali (space debris): più di 30.000 oggetti di dimensioni superiori a 10 cm, 500.000 sopra il centimetro e circa 100 milioni oltre il millimetro. Pezzi di razzi e satelliti, ma anche polvere, vernice, sostanze espulse dai motori, guanti o strumenti persi dagli astronauti.

Osservando il cielo, non sempre quello che vediamo è una stella cadente. Potrebbe essere spazzatura. Ne abbiamo disseminata anche su Venere e Marte. Sulla Luna abbiamo abbandonato 20 tonnellate di rifiuti. Non solo sismografi e altri strumenti scientifici, ma anche scarponi e guanti degli astronauti, una zavorra che sarebbe stato inutile riportare sulla Terra al posto delle preziose rocce lunari.

Gran parte di questa spazzatura è costituita da particelle minuscole, che però sono dei veri proiettili: viaggiano a 28.000 km all'ora, e in poco più di 80 minuti fanno quello che il Phileas Fogg di Jules Verne fece in 80 giorni: il giro del mondo. Per un mese il guanto termico di ricambio di Edward White, primo astronauta americano a fare un'attività extraveicolare nel 1965 (e uno dei tre sfortunati astronauti morti durante un'esercitazione a Cape Canaveral il 27 gennaio 1967), sfrecciò intorno alla Terra, diventando il primo detrito spaziale in orbita terrestre bassa. Il più antico rottame ancora in orbita è il secondo satellite lanciato dagli Stati Uniti, il Vanguard I, che è nello spazio dal 17 marzo 1958, non più funzionante dal 1964, a circa 700 km di quota.

L'effetto "ripulente" dell'atmosfera terrestre vale solo per orbite sotto i 600 km. L'atmosfera come la intendiamo noi, ossia come gas respirabile, arriva a circa 8 km, ma fino a circa 500 km esistono ancora delle particelle di gas che formano una tenuissima atmosfera. I satelliti, urtando contro questo gas, vengono "frenati" e tendono a ricadere verso il suolo, ossia a rientrare e a bruciare a contatto con l'atmosfera.

Purtroppo questo effetto scema a circa 600 km di altezza, dove non vi è più attrito atmosferico: da queste quote in su, un satellite abbandonato rimane per lunghissimo tempo nello spazio. Ed è il destino del Vanguard I.

Possiamo definire tre tipi di orbite: Low Earth Orbit (LEO, orbita terrestre bassa), con un'altezza che va dai 160 ai 2.000 km e un periodo orbitale da 88 a 120 minuti (in queste orbite LEO, le più affollate, si trovano la ISS e il Telescopio Spaziale Hubble); Medium Earth Orbit (MEO, orbita terrestre media) con un'altezza da 8.000 a 12.000 km e un periodo orbitale da 2 a 12 ore (tipici satelliti MEO sono quelli per la navigazione, le comunicazioni e la geodesia). A una quota di 20.200 km, e con un periodo orbitale di 12 ore, si trovano i satelliti del sistema GPS (Global Positioning System) degli Stati Uniti. Infine c'è la GEOsynchronous Earth Orbit (GEO, orbita geostazionaria), con un'altezza di 36.000 km e un periodo orbitale di 23 ore, 56 minuti e 4 secondi. Questa è di estrema importanza,

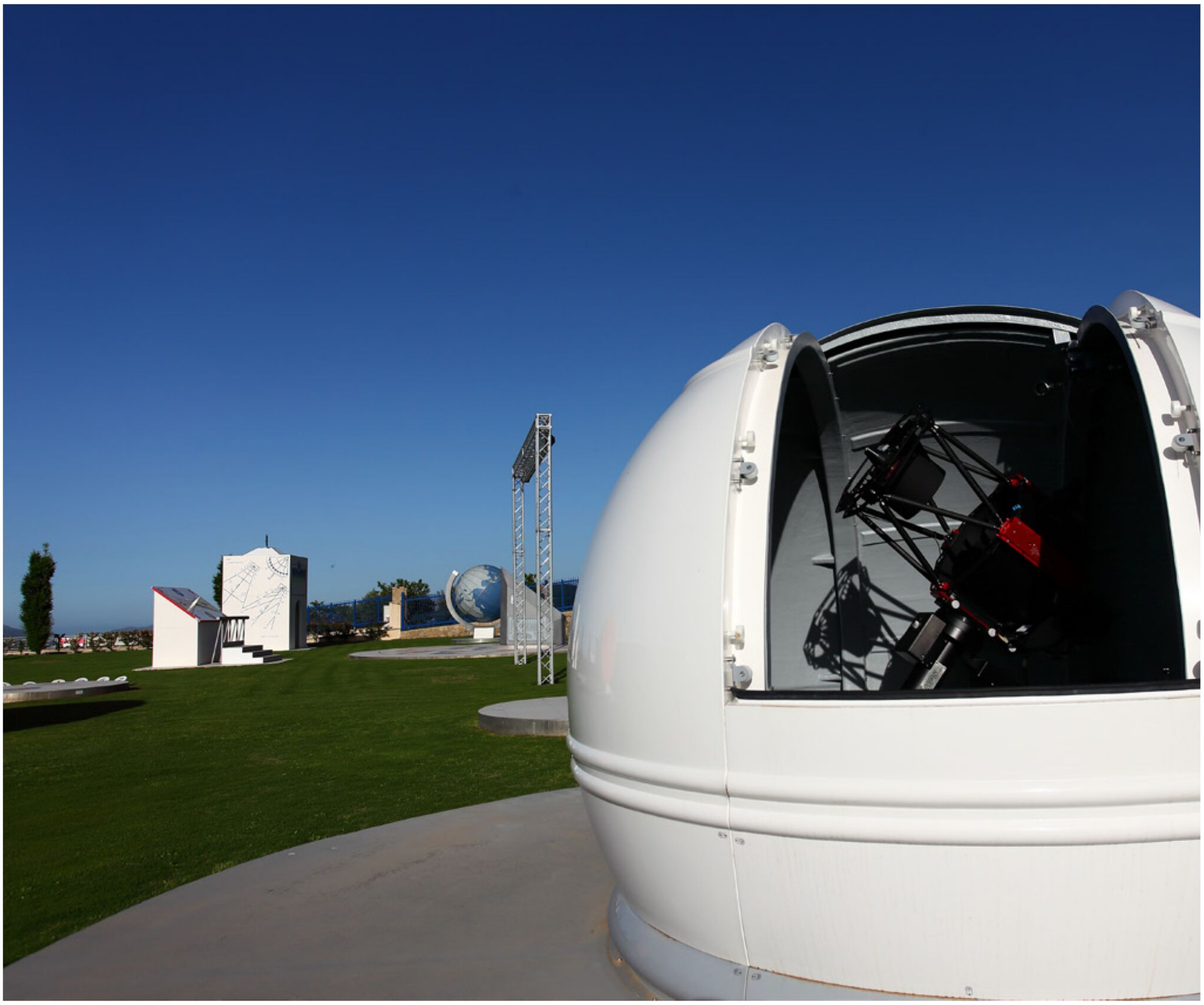
perché un satellite su tale orbita circolare equatoriale appare fermo per un osservatore fisso sulla Terra. Un'antenna puntata verso il satellite non ha necessità di inseguirlo. Qui vengono posti i grandi satelliti per le telecomunicazioni, che possono arrivare alle dimensioni di un autobus.

Gran parte dei guadagni da *space economy* deriva da attività in orbita geostazionaria. Ma le cose stanno cambiando con le costellazioni di satelliti in orbita bassa, per garantire Internet a banda larga a livello globale, dalle regioni africane a quelle polari, dove non esisteva.

I satelliti LEO sono spesso disposti in una costellazione, perché l'area di copertura di un singolo satellite è relativamente piccola. Per mantenere una copertura continua di una particolare area del globo sono necessari molti satelliti.

▲ A 20 minuti dalla collisione tra i satelliti IRIDIUM 33 (americano) e COSMOS 2252 (russo), i detriti dei due satelliti cominciano a disperdersi

È tale e tanto il traffico a queste quote che si stanno esplorando modalità di osservazione diverse per censire il maggior numero di detriti e conoscerne con precisione la traiettoria orbitale in ogni momento, in modo almeno da poterli evitare. Accanto a dispendiose tecniche di *tracking radar* e di osservazione con telescopi ottici professionali, sempre più interessante sta diventando il contributo alle osservazioni di telescopi di piccole dimensioni (dell'ordine dei 40 cm), anche con strumenti semplici che sopperiscono, con la quantità dei contributori, alla minore qualità delle osservazioni. ▶



GAL HASSIN/ALESSANDRO NASTASI

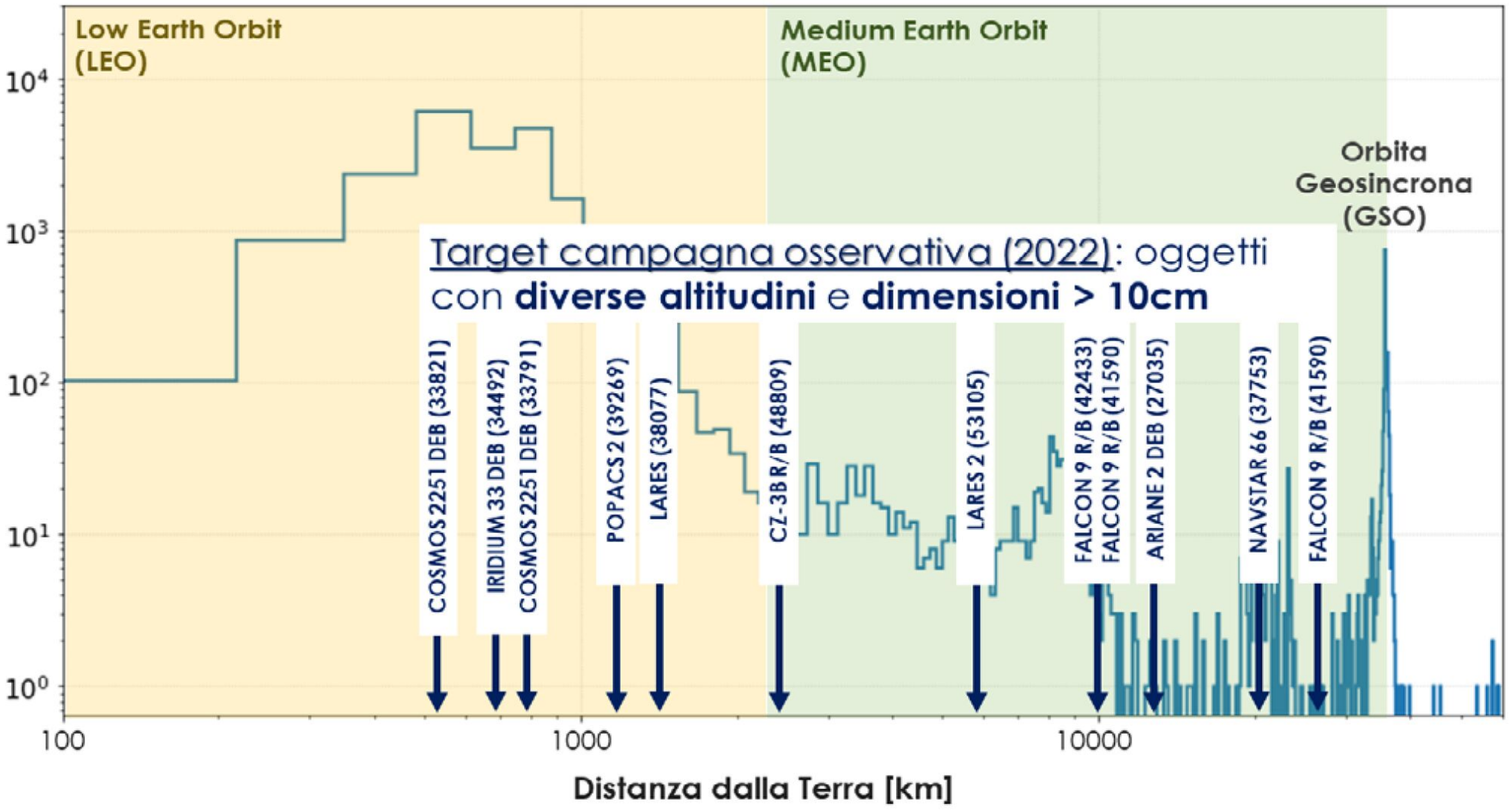
La Fondazione GAL Hassin (Isnello, Palermo) ha in dotazione il Galhassin Robotic Telescope (GRT), un telescopio riflettore completamente remotizzato con specchio da 40 cm, f/3.8, immagini acquisite tramite una camera digitale da 17 Mpx, raffreddata a -30°C, grande campo di vista (1,2 x 1,2°), ideale per osservare oggetti che si muovono rapidamente nel cielo, con una montatura equatoriale veloce capace di inseguire fino a 2°/sec.

Il GRT è stato dedicato prevalentemente alla conferma e al monitoraggio di asteroidi *Near-Earth* e di comete, transiti esoplanetari e, dal 2021, anche allo studio di costellazioni di satelliti e di detriti spaziali.

La campagna osservativa dei *space debris* è stata compiuta da Alessandro Nastasi nel 2022 su 12 target a diverse altitudini, dai 500 ai 20.000 km (5 in orbite LEO e 7 in orbite MEO), con dimensioni superiori ai 10 cm. Tra i vari oggetti monitorati, figurava CZ-3B R/B (Numero NORAD 48809), dove R/B sta per *Rocky Body*, uno stadio intermedio del razzo cinese Long March 3 classificato come oggetto di dimensioni large, più o meno quanto un serbatoio di carburante di forma cilindrica lungo 8 m e largo 4. Il razzo era stato lanciato dallo Xichang Space Center il 2 giugno 2021. Dal 23 giugno 2022, sul sito *space-track.org,* l'oggetto risultava tra quelli in rientro, con possibile caduta il 6 agosto. L'osservazione dello *space debris* è stata compiuta con il GRT il 26 luglio 2022. La caduta si è verificata il 9 agosto nel mezzo dell'Oceano Pacifico, a sud del Giappone.

▲ Il Galhassin Robotic Telescope (GRT) nella cupola nel Parco dello Spazio del GAL Hassin a Isnello (Palermo)

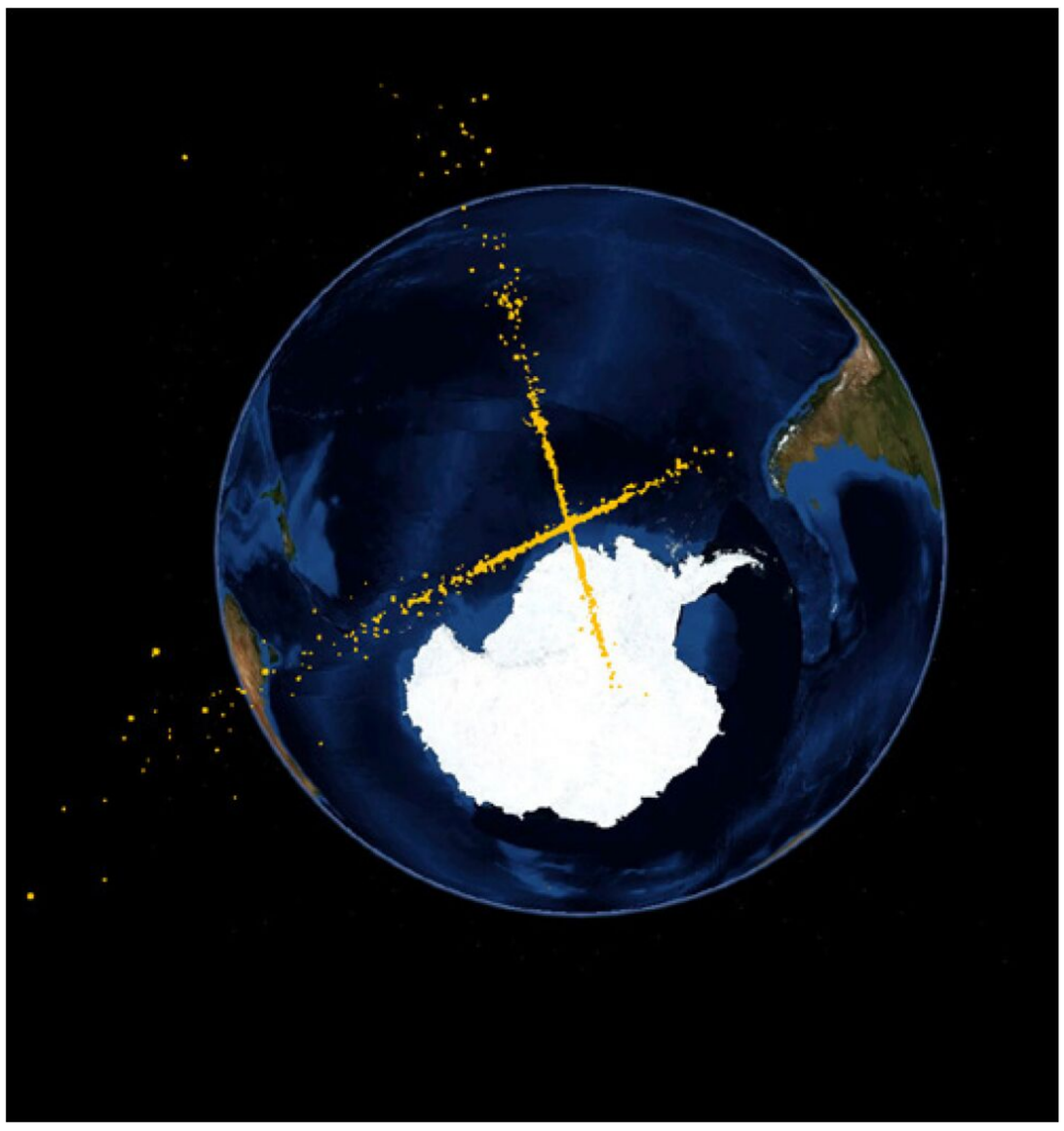
Di questo oggetto sono state fatte tre misurazioni astrometriche in "tracking siderale", ossia con il telescopio che insegue le stelle. I tre valori ottenuti in successione hanno permesso di misurare la posizione dell'oggetto in tre diversi momenti, a distanza di pochi secondi l'uno dall'altro, man mano che il detrito attraversava il campo di vista. Queste osservazioni permettono di definire l'esatta traiettoria e l'area di caduta del rottame.



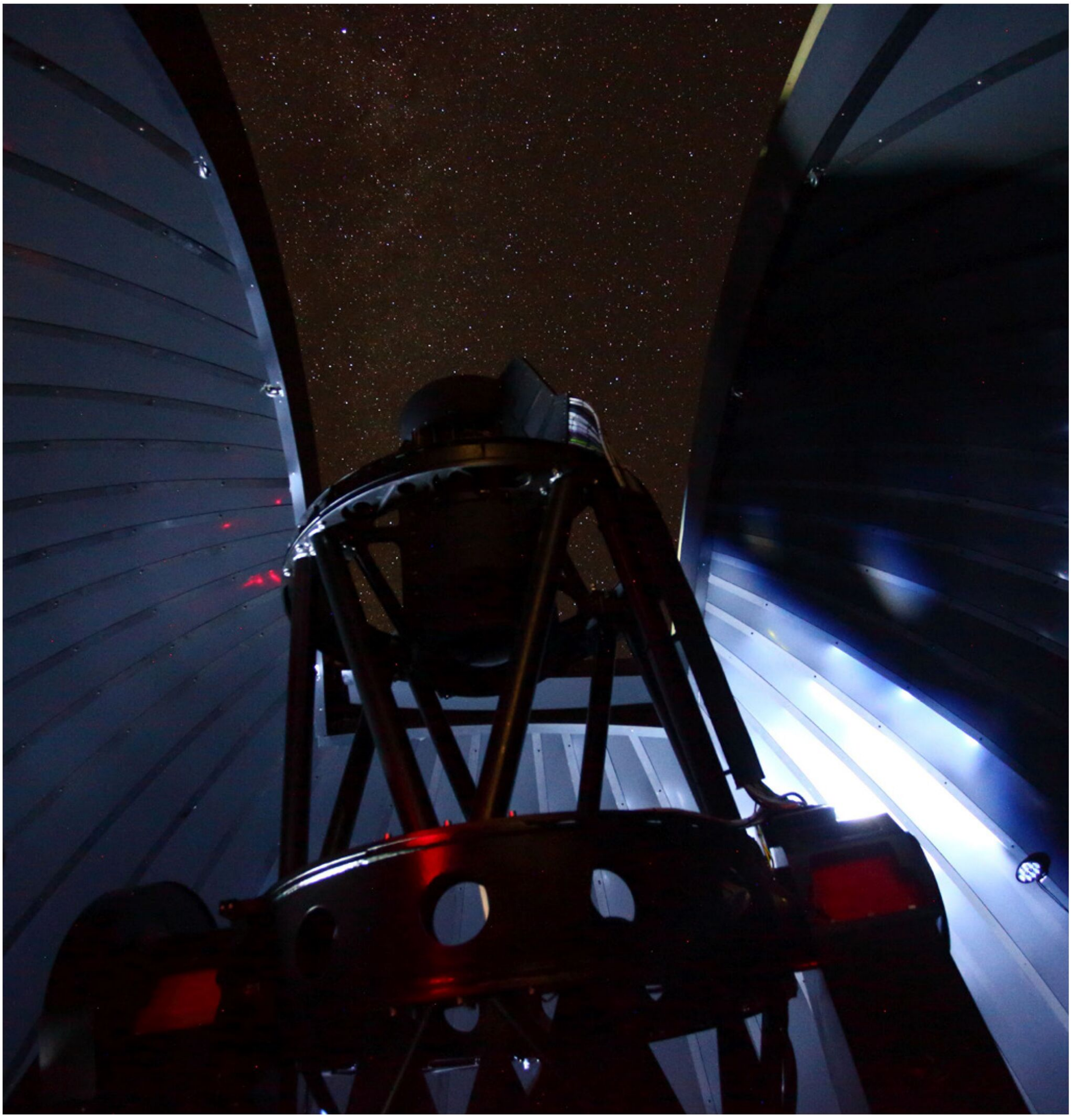
▲ Rappresentazione dei 12 target osservati dall'astronomo informatico Alessandro Nastasi del GAL Hassin durante la campagna osservativa del 2022 con indicate le altitudini (orbite LEO o MEO)

Un altro studio ha riguardato una delle collisioni più famose, che ha coinvolto il satellite americano IRIDIUM 33, all'epoca ancora operativo, e il vecchio satellite per telecomunicazioni russo COSMOS 2251, non più funzionante, avvenuta il 10 febbraio 2009, a una quota di 800 km sopra la Siberia. Secondo i dati orbitali del comando aerospaziale americano, i due satelliti avrebbero dovuto evitarsi di circa 400 m. All'epoca la *collision avoidance*, il sistema per evitare le collisioni in volo, non era effettuata di routine. Oltre 1.600 frammenti del COSMOS 2251 e ▶

▲ Il detrito spaziale CZ-3B R/B (Numero NORAD 48809) osservato in tracking siderale dal GRT il 26 luglio 2022, pochi giorni prima del suo rientro in atmosfera



▲ A meno di un'ora dalla collisione tra il satellite americano IRIDIUM 33 e quello russo COSMOS 2252 si formano due scie di detriti



GAL HASSIN/ALESSANDRO NASTASI

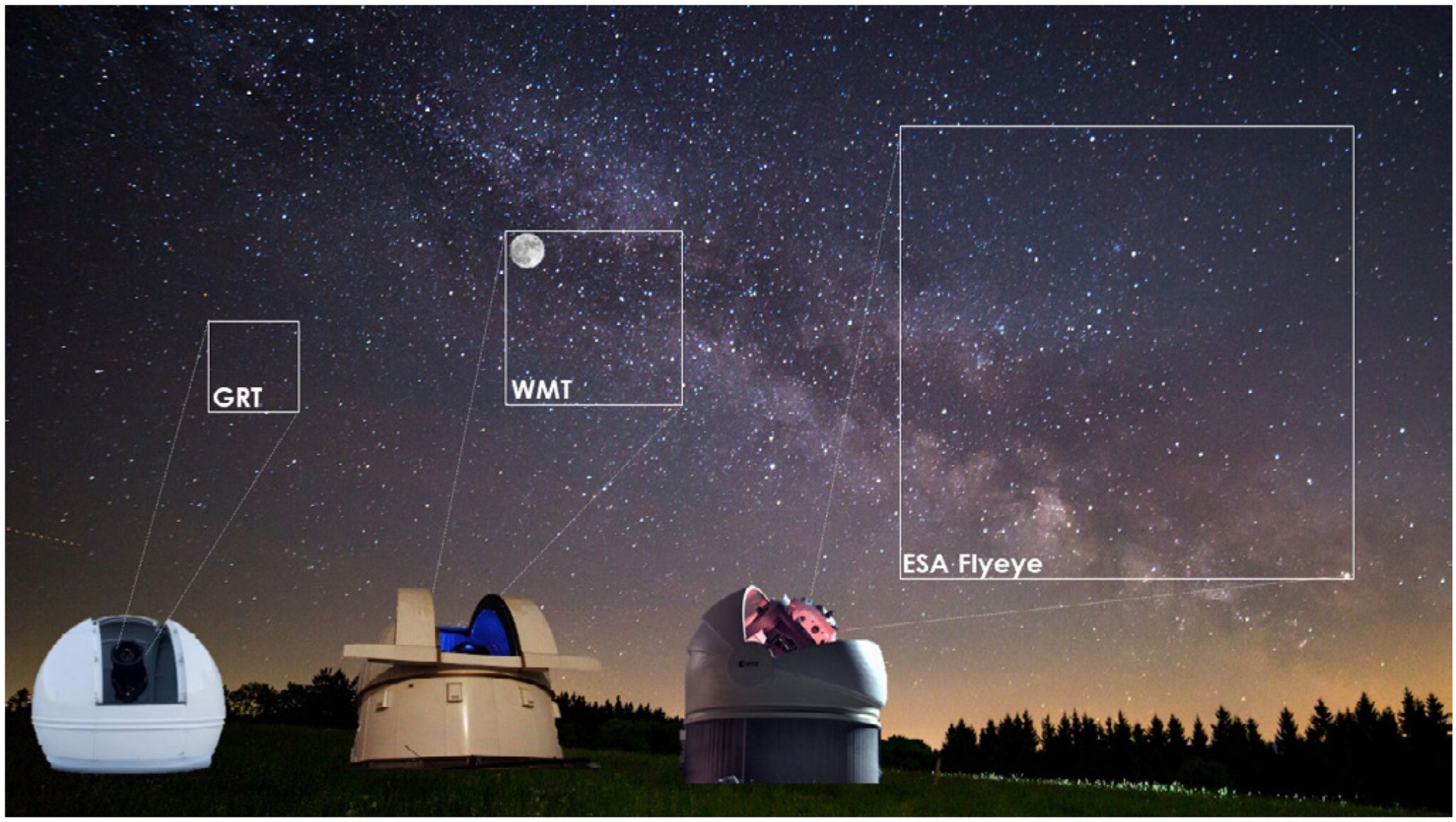
600 dell'IRIDIUM 33 sono stati osservati e catalogati dal comando aerospaziale. Di questi detriti, 1.400 si trovano tuttora in orbita.

Dopo la collisione, i frammenti ricevono un impulso che li manda su orbite diverse da quella originaria (alcuni più in alto, altri più in basso). La forma irregolare della Terra, in particolare lo schiacciamento polare, perturba le orbite dei detriti. Così, quello che è un evento locale in pochi giorni diventa globale; l'intera zona orbitale della collisione viene inquinata di detriti, popolata di frammenti che iniziano a decadere verso orbite più basse.

▲ Il Wide-field Mufara Telescope sul Monte Mufara (Piano Battaglia, Madonie, Sicilia) durante una notte osservativa

Questo è il grande problema delle collisioni nello spazio.

Il GAL Hassin con il GRT ha studiato due frammenti catalogati e mappati, IRIDIUM 33 DEB (NORAD 34492) e COSMOS 2251 DEB (NORAD 33821), attualmente a 650 km (LEO) e classificati come *small*, oggetti estremamente piccoli, dimostrando le alte capacità nonché l'efficacia del GRT nell'osservare e caratterizzare i detriti e i satelliti artificiali, anche a quelle altitudini dove si trovano gli oggetti più veloci in orbita terrestre. Inoltre, il telescopio consente di fare astrometria in modo accurato con una



ELABORAZIONE GRAFICA DI ALESSANDRO NASTASI/GAL HASSIN

precisione temporale inferiore a 0,1 secondi, indispensabile per servizi come quelli di *collision avoidance, reentry & decay*, e di inseguire in modo preciso un corpo fino a velocità di 2°/sec. In tal modo, vengono caratterizzati i target su lunghi periodi temporali. Del GAL Hassin è anche il Wide-field Mufara Telescope (WMT), collocato sul Monte Mufara, in Sicilia, a 1.865 m. È un telescopio a grande campo (circa 7 gradi quadrati), prototipo mondiale, dotato di uno specchio primario di un metro. Presto il WMT inizierà le sue attività di ricerca, che riguarderanno anche asteroidi *Near-Earth*, comete e detriti spaziali, con capacità di gran lunga superiori al GRT.

Nel 2014 l'Unione Europea (EU) si è dotata di un Sistema di Sorveglianza e Tracciamento (*Space Surveillance and Tracking*, SST) dello spazio attorno alla Terra, per rilevare satelliti e *space debris* e prevedere le loro orbite.

Il sistema europeo si aggiunge al segmento dell'Agenzia Spaziale Italiana, allo Space Surveillance Network statunitense e al sistema russo OKNO. Le capacità di SST sono considerate strategiche dall'Italia e rientrano tra le competenze del Ministero della Difesa, che nella base dell'Aeronautica Militare di Pratica di Mare (Roma) gestisce il flusso dati dei telescopi ottici e le osservazioni radar dell'intera rete italiana coordinandosi con la rete europea. Contribuiscono l'Istituto Nazionale di Astrofisica con il radiotelescopio Croce del Nord a Medicina, il telescopio Cassini a Loiano e il Sardinia Radio Telescope a San Basilio (Cagliari). Con i suoi due strumenti, il GRT e il WMT, il GAL Hassin si colloca utilmente nel Sistema europeo contro i rischi di collisioni tra detriti e i rientri in atmosfera.

▲ A confronto l'ampiezza di vista dei tre telescopi nel cuore delle Madonie: il Galhassin Robotic Telescope (GRT) a sinistra, il Wide-field Mufara Telescope (WMT) al centro e il Fly Eye dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) a destra

In questo ambito di ricerca, l'Italia ha sviluppato un innovativo telescopio Fly Eye a larghissimo campo di osservazione (42 gradi quadrati).

Il prototipo verrà installato in Sicilia, sempre su Monte Mufara, in prossimità del WMT. Ulteriori esemplari del Fly Eye sono previsti per la sorveglianza spaziale EU SST. Infatti, il Fly Eye è stato pensato per gli asteroidi *Near-Earth*, ma il suo grande campo di osservazione e la sua grande velocità di inseguimento sono tali che diventerà fondamentale anche per la sorveglianza degli oggetti artificiali nello spazio. Queste nuove sentinelle spaziali saranno installate in Europa, Australia, Nord America e Sud America. Un software permetterà loro di operare in sinergia e la creazione di un catalogo di oggetti orbitanti nelle tre fasce orbitali. Stati, agenzie spaziali e privati, nel rispetto del diritto internazionale sullo spazio extra-atmosferico, hanno sviluppato una disciplina nazionale volta a ridurre la produzione dei *space debris*. Future missioni spaziali consentiranno la rimozione dei detriti. Degna di nota è la missione del 2025 ClearSpace-1, assegnata dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) a un consorzio guidato dalla startup svizzera Clear Space, che prevede l'utilizzo di un satellite sviluppato dalla Scuola Politecnica Federale di Losanna con il compito di catturare il Vega Secondary Payload Adapter (un modulo del vettore VEGA, lanciato dall'ESA nel 2013) e dirottarlo nell'atmosfera, dove si disintegrerà.

Sabrina Masiero è astrofisica presso la Fondazione GAL Hassin - Centro Internazionale per le Scienze Astronomiche di Isnello (PA)

Nelle piante c'è un archivio prezioso

I LAMPI COSMICI DATANO LA STORIA

Fenomeni astrofisici estremi causano negli alberi e nei ghiacci aumenti di radionuclidi chiamati "Miyake event" dal nome della ricercatrice che li scoprì nel 2012. Queste anomalie forniscono dati precisi su reperti fossili o archeologici, chiarendo fatti del lontano passato

Giuseppe Bonacina

Stabilire la data esatta di avvenimenti del passato significa talvolta trovare la piega giusta della Storia. Anomali picchi della concentrazione di alcuni radionuclidi in alberi secolari e ghiacci polari offrono agli storici un aiuto insperato. I picchi, nella letteratura scientifica, sono noti come "Miyake event", perché il primo è stato scoperto e descritto in un articolo su *Nature* del 2012 da Fusa Miyake, giovane ricercatrice

▲ Con i "Miyake event" si è stabilito che il complesso di Por-Bajin, su un'isola del Lago Tere-Khol, in Siberia, è stato abbandonato nel 777, ma le sue finalità rimangono oscure

una specie di "unità di misura" per eventi dello stesso genere.

Nel 2012, nel corso della rilevazione del contenuto di ^{14}C negli anelli annuali di accrescimento di un tronco di cedro giapponese di 1.900 anni, abbattuto nel 1956, Fusa Miyake riscontrava un "eccesso" nell'anello datato 774/775: l'1,2% in più rispetto al rapporto naturale con l'isotopo principale, il carbonio-12 (^{12}C). Sorprendente non era l'aumento, ma la sua entità: circa 20 volte in più dell'oscillazione

giapponese presso la Nagoya University. Ma cosa sono i "Miyake event" e come possono servire a datare con precisione alcuni resti fossili o archeologici?

Sappiamo che flussi di particelle cariche molto energetiche (in genere 90% protoni), come i raggi cosmici e le SEP (*Solar Energetic Particles*) prodotte da *flare* e CME (*Coronal Mass Ejection*), generano, tramite reazioni nucleari con elementi presenti nell'atmosfera terrestre, molteplici isotopi radioattivi (radionuclidi), tra cui carbonio-14 (^{14}C), berillio-10 (^{10}Be) e cloro-36 (^{36}Cl), con tempi di dimezzamento, rispettivamente, di 5.730 anni, 300.000 anni e 1,4 milioni di anni.

Il ^{14}C si fissa negli alberi con la fotosintesi, mentre il ^{10}Be e il ^{36}Cl si accumulano nei ghiacci con le precipitazioni. Le sequenze sia degli anelli annuali di crescita nei tronchi delle piante sia delle stratificazioni annuali nevose nei ghiacci polari costituiscono degli "archivi" naturali plurisecolari che testimoniano, con le loro caratteristiche chimico-fisiche, le vicende climatiche terrestri e, in base agli isolati anomali picchi della concentrazione di radionuclidi, i più intensi fenomeni astrofisici che hanno investito il nostro pianeta.

Pur in tracce minime, i radionuclidi sono riconoscibili perché radioattivi e quantificabili con la spettroscopia di massa con acceleratore (in grado di rilevare un atomo in 1 trilione di altri atomi). Occorrono però laboriosi "aggiustamenti" matematici che tengano conto di diversi fattori, tra cui il dinamico equilibrio della composizione isotopica naturale, il flusso dei raggi cosmici (che varia inversamente al ciclo solare undecennale), i meccanismi di trasporto e diffusione dei radionuclidi nell'atmosfera prima della cattura al suolo, il tempo di dimezzamento (non trascurabile per il ^{14}C in campioni risalenti a centinaia o migliaia di anni).

I numerosi autori che firmano gli articoli in queste ricerche testimoniano competenze in campi diversi: astrofisica, fisica e chimica nucleare, dendrocronologia, fitobiologia, glaciologia. L'evento più forte sinora registrato direttamente è quello del settembre 1859, quando un *superflare* solare provocò imponenti fenomeni geofisici (aurore polari e tempeste magnetiche) e gravi danni alla rete telegrafica. Denominato "Carrington event", in onore dell'astronomo inglese che per primo osservò i *flare* sulla superficie del Sole, costituisce oggi ▶

▼La datazione con i "Miyake event" del Monastero benedettino di San Giovanni a Müstair, in Svizzera, ha confermato il 785 come data della fondazione

media tra anelli in sequenza. Eventi estremi simili sono stati poi segnalati da diversi ricercatori, sia in alberi di varia specie e provenienza sia in ghiacci polari artici e antartici in altre date: 7176 a.C., 5410 a.C., 5259 a.C., 1279 a.C., 1052 a.C., 660 a.C., 993. In pratica, 8 eventi negli ultimi 9.000 anni, nessuno nell'ultimo millennio. Da confermare l'evento più antico e forse più forte di tutti nel 12.300 a.C., inizio dell'Olocene, al termine dell'ultima glaciazione.

Benché simili ai "Carrington event" negli effetti geofisici, i "Miyake event" costituiscono una classe di fenomeni a parte per diverse ragioni: repentina insorgenza (meno di un anno), eccezionale intensità (decine di ordini di grandezza più del "Carrington event" del 1859), globalità (presenza coeva in "archivi" diversi in entrambi gli emisferi), particolare "impronta isotopica", incerta sincronia con cicli di elevata attività solare, rarità (1 ogni 1.000 o 2.000 anni) e, soprattutto, possibile origine sia solare che cosmica.

Sebbene l'ipotesi solare, basata su un isolato episodio della dinamo solare di eccezionale violenza, sia tuttora quella prevalente, per alcuni casi non mancano ipotesi alternative riferite a fenomeni cosmici segnati da emissioni elettromagnetiche e corpuscolari molto energetiche, come l'esplosione di una supernova vicina, l'incontro ravvicinato con una cometa, un *gamma ray burst*.

Di solito la datazione di reperti fossili o archeologici viene effettuata con la dendrocronologia (basata sul conteggio e l'analisi degli anelli degli alberi) o il contenuto del ^{14}C in materiali inerti, tecniche che per il lontano passato hanno però margini di incertezza di decine di anni. Invece, con i "Miyake event" in taluni casi si possono stabilire date precise, ma a due condizioni: che i reperti abbiano un'età presunta posteriore ma relativamente prossima alla data certa di un "Miyake event" e che conservino resti di alberi nei cui anelli sia possibile quantificare il contenuto di ^{14}C. La datazione dell'insediamento vichingo Anse aux Meadows. sull'isola di Terranova (Canada), spiega come questo può avvenire.

Si sapeva che l'insediamento era stato abbandonato in prossimità dell'anno Mille, quindi riferibile al "Miyake event" del 993, e che i resti di alcune abitazioni contenevano travi di ginepro subfossili (legni che per varie ragioni non hanno completato il processo di fossilizzazione), che consentivano l'analisi quantitativa del ^{14}C negli anelli annuali. Si è così trovato che nel 28° anello precedente l'ultimo anello (che segnava l'anno degli ultimi abbattimenti degli alberi e quindi la fine delle costruzioni) c'era un picco del ^{14}C ragionevolmente prodotto dallo stesso evento che aveva prodotto il picco del ^{14}C nell'anello dell'anno 993 nel cedro giapponese. I due anelli si potevano considerare coevi, per cui bastava aggiungere 28 a 993 per arrivare a 1021. Così ora sappiamo con precisione l'anno in cui si è conclusa l'avventura dei vichinghi in America. La stessa procedura ha consentito la datazione precisa dell'eruzione del vulcano Mount Paetku, al confine tra Cina e Corea del Nord, montagna che Coreani e Manciù chiamano Changbaishan e considerano sacra. L'antica caldera, che si trova a 2.750 m di altezza, con un diametro di 5 km, è oggi riempita da un lago. Si riteneva che una violenta eruzione fosse stata la causa indiretta della caduta del Regno Bohai, storicamente avvenuta nel 926. Sotto la cenere del vulcano vi erano resti di larici subfossili, utilizzabili per l'analisi quantitativa del ^{14}C. Si è così trovato che nel 172° anello precedente l'ultimo anello (quello risalente alla distruzione degli alberi provocata dall'eruzione) vi era un picco del ^{14}C. L'anello era quindi ragionevolmente coevo all'anello del "Miyake event" del 774. È bastato allora aggiungere 172 a 774 per stabilire che l'anno dell'eruzione era stato il 946. Il che, tra l'altro, escludeva la supposta "responsabilità" del vulcano nella fine del Regno Bohai, avvenuta 20 anni prima.

▲La datazione al 946 dell'eruzione del Mount Paetku, al confine tra Cina e Corea del Nord, ha escluso la supposta "responsabilità" del vulcano nella caduta del Regno Bohai, storicamente avvenuta 20 anni prima

Altre date che aiutano la Storia

Por-Bajin è un gigantesco sito archeologico con una trentina di edifici diroccati, che occupa quasi completamente un'isola del Lago Tere-Khol, a 2.300 m di altezza nella Siberia meridionale, lungo il confine con la Mongolia.

Le funzioni di questo complesso, realizzato ma presto abbandonato nell'VIII secolo dagli Uyghur Khagante, un popolo nomade di origine turca, in una regione dal clima inospitale, lontano da insediamenti umani e rotte commerciali, rimangono oscure: un palazzo imperiale, un monastero, un osservatorio astronomico o una prigione? Qualche utile indicazione potrebbe adesso venire dalla data della fine della sua costruzione, fissata al 777 grazie al contenuto del ^{14}C nei resti di travi di legno e alla vicinanza temporale con il "Miyake event" del 774.

Un altro caso ha riguardato la datazione del Monastero benedettino di San Giovanni a Müstair, nel Cantone dei Grigioni in Svizzera, dichiarato dall'UNESCO Patrimonio dell'Umanità per gli affreschi di epoca carolingia del IX secolo. Secondo la tradizione, il monastero è stato fondato da Carlo Magno nel 780, data già approssimativamente convalidata dalla dendrocronologia basata sul conteggio degli anelli di alberi secolari cresciuti nella zona.

La conferma, con datazione precisa al 785, è stata possibile grazie alla vicinanza temporale della presunta età di fondazione al "Miyake event" del 774 e al rinvenimento di un picco di ^{14}C in un anello coevo di alcune vecchie travi di legno. In modo simile è stato determinato il termine della costruzione del Lake-Fortress, un villaggio fortificato risalente all'VIII secolo, che occupa quasi interamente la superficie di un'isola del Lago Āraiši, in Lettonia. Il complesso, oggi frequentata attrazione turistica, comprende i resti di 151 abitazioni costruite con legno di abete rosso. Con riferimento al "Miyake event" del 774, e grazie alla quantificazione del ^{14}C, la data dell'abbattimento degli ultimi alberi, e quindi della fine della costruzione, è stata fissata all'835. Un ultimo caso ha riguardato la datazione del terribile terremoto che alla fine del X secolo interessò la linea di faglia nel Pacifico, lungo la costa nord-orientale americana.

La data del 923 è stata stabilita con riferimento al "Miyake event" del 774 e alla quantificazione del ^{14}C in alberi abbattuti dal terremoto nei dintorni di Seattle.

C'è lavoro per astrofisici e storici

La crescita esponenziale, negli ultimi decenni, del numero di articoli scientifici e divulgativi dedicati ai "Carrington event" e, nell'ultimo decennio, anche ai "Miyake event" testimonia da un lato l'interesse degli astrofisici per gli ancora relativamente poco esplorati fenomeni estremi di origine solare o cosmica e, dall'altro lato, la preoccupazione degli amministratori pubblici per i possibili danni alle infrastrutture tecnologiche a terra e nello spazio. Per gli storici, invece, l'interesse per i "Miyake event" nasce, sulla scia del successo dei sei casi sinora risolti, dalla speranza di datazione certa di altri casi tuttora aperti.

Da verificare, tra l'altro, la possibilità di superare le incertezze di datazione di avvenimenti presso antiche civiltà, come quelle della Mesopotamia e dell'antico Egitto, a causa delle contorte concordanze tra calendari basati su differenti rimandi astronomici e matematici.

▼ **Fusa Miyake, ricercatrice sui raggi cosmici presso la Nagoya University, per prima nel 2012 ha evidenziato un anomalo "eccesso" del ^{14}C nell'anello datato 774-775 di un cedro giapponese**

CORSO ACCELERATO DI COSMOLOGIA

L'universo ha un confine?

Quarta puntata: **Govert Schilling** ci spiega che l'orizzonte si trova a 45 miliardi di anni luce ma ciò non esclude che il cosmo si estenda oltre

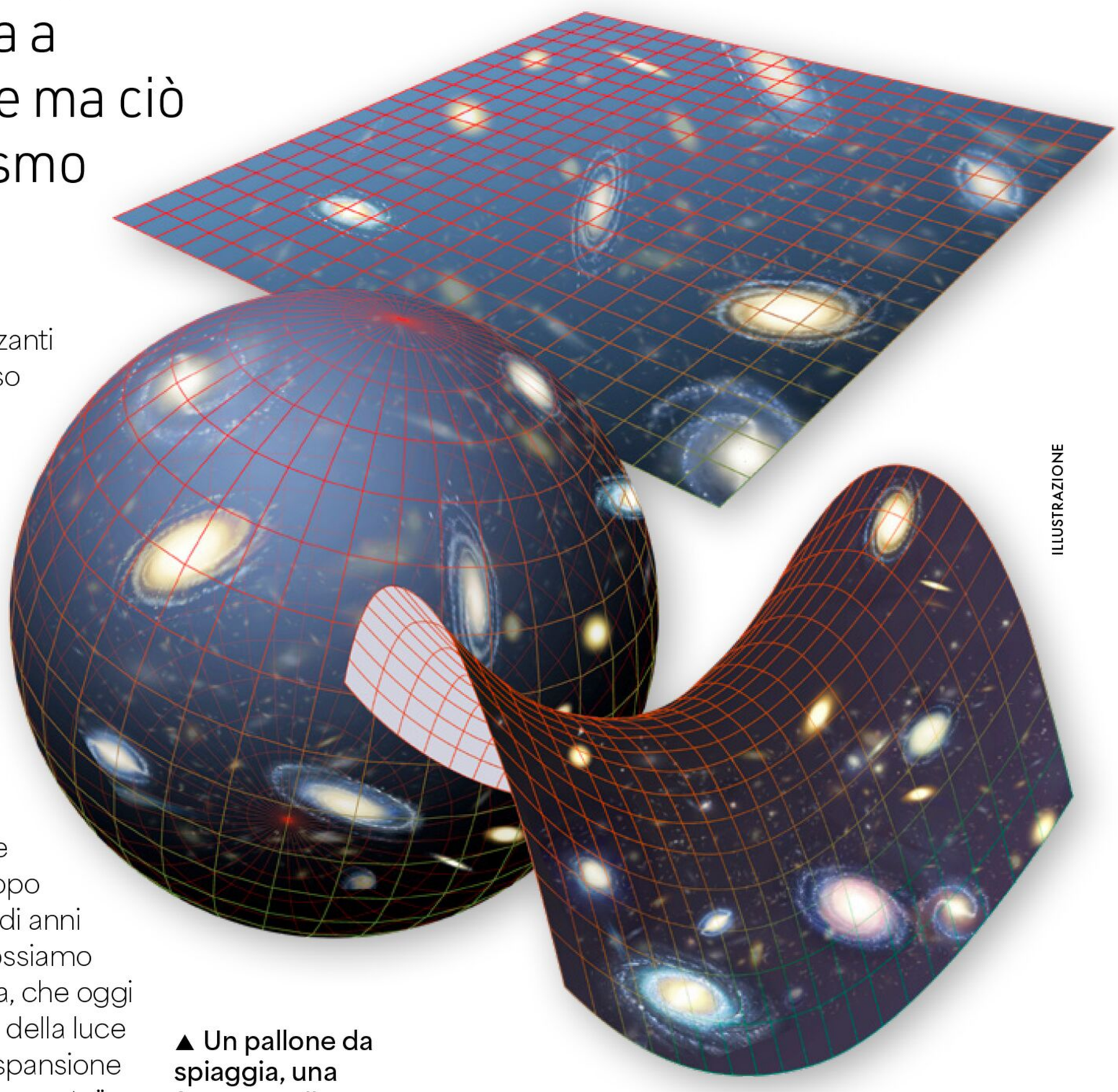


ILLUSTRAZIONE MARK GARLICK/SCIENCE PHOTO LIBRARY, PABLO CARLOS BUDASSI, KRISCOLE/ISTOCK/GETTY IMAGES

▲ Un pallone da spiaggia, una forma a sella e un foglio piatto: tre contendenti per la forma dell'universo

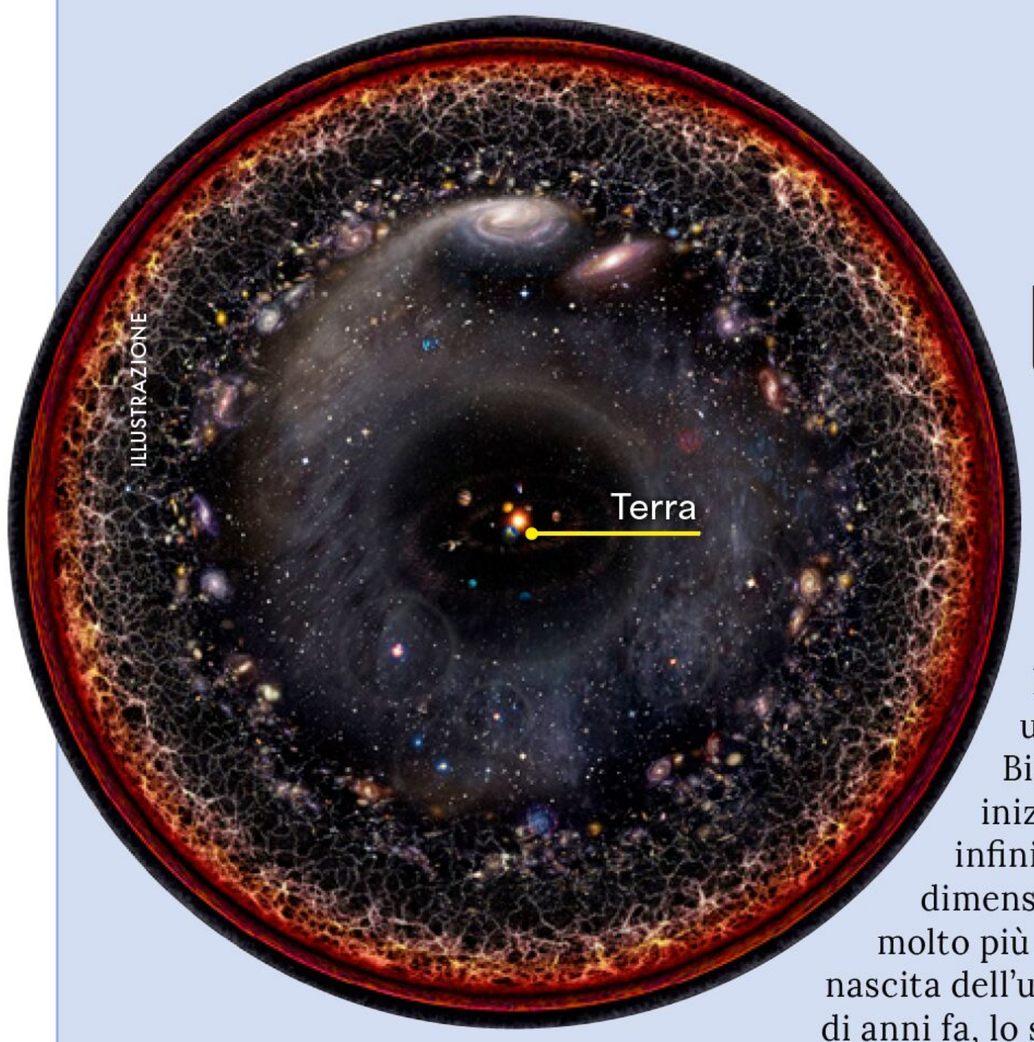
È una delle domande più destabilizzanti della cosmologia: il nostro universo ha un limite? Viaggiando con un'astronave immaginaria che va più veloce della luce, si arriverà mai a un confine? E se sì, cosa c'è oltre? È molto difficile da pensare. D'altra parte, è altrettanto difficile capire come funziona un universo infinito. Alla fine deve esserci qualcosa in cui lo spazio si espande, giusto? Cominciamo con un concetto legato a questo, ma più facile da afferrare: il nostro universo ha un bordo apparente chiamato "orizzonte cosmologico". La luce emessa subito dopo il Big Bang ha viaggiato per 13,8 miliardi di anni attraverso lo spazio. Ciò significa che possiamo vedere l'universo solo fino a una distanza, che oggi corrisponde a un tempo di percorrenza della luce pari a 13,8 miliardi di anni. A causa dell'espansione dello spazio, questa distanza, detta "comovente", è di circa 45 miliardi di anni luce, e qualsiasi cosa oltre questo limite per noi è inosservabile: non è trascorso abbastanza tempo dalla nascita dell'universo perché la luce di queste regioni remote possa raggiungere i nostri telescopi.

Ma proprio come l'orizzonte che vedono i marinai sull'oceano, l'orizzonte cosmologico non è un confine reale e fisico. E come l'oceano si estende oltre l'orizzonte del marinaio, così anche lo spazio si estende oltre il nostro universo osservabile. Non c'è motivo per cui non possano esistere galassie a distanze così grandi: sono solo invisibili per noi, per quanto potenti siano i nostri telescopi. Ma sapere che l'universo continua oltre i 45 miliardi di anni luce non ci dice ancora se è finito o infinito. Una cosa è certa: l'universo non ha barriere. Non c'è un confine fisico, un muro, una recinzione intorno ai bordi del cosmo.

Il fascino della curvatura

Ciò non significa necessariamente che l'universo sia infinitamente grande. In linea di principio, potremmo vivere in un universo finito, a condizione che lo spazio vuoto tridimensionale sia geometricamente curvato in modo opportuno (una possibilità concreta secondo la teoria della relatività generale di Albert Einstein).

Se l'universo avesse curvatura positiva sarebbe come la superficie di un pallone da spiaggia, anziché una superficie 2D sarebbe uno spazio 3D. Sarebbe finito – se vivessimo in questa versione del cosmo, non avremmo



▲ L'universo osservabile, dalle stelle più vicine fino alle galassie più lontane e alla radiazione cosmica di fondo

Un infinito è per sempre

Che sia un minuscolo pompelmo caldo o un cosmo incredibilmente grande, lo spazio non finisce

In molti libri di astronomia si legge che l'universo era grande come un pompelmo subito dopo il Big Bang. Oppure che è iniziato come un punto infinitesimale e privo di dimensioni. In realtà, la verità è molto più strana. Sì, subito dopo la nascita dell'universo, circa 13,8 miliardi di anni fa, lo spazio era incredibilmente più "compatto" di adesso, e la temperatura così come la densità di materia erano incredibilmente alte.

Ma se l'universo oggi è infinitamente grande deve essere sempre stato infinitamente grande, anche ai primordi, quando tutte le distanze spaziali erano, diciamo, un miliardo di volte più piccole di quelle attuali. Dopo tutto, infinito diviso per 1 miliardo è ancora infinito. Si può dire che l'universo osservabile - la sfera con un raggio pari a 45 miliardi di anni luce che possiamo studiare oggi - un tempo era compresso in un volume incredibilmente piccolo. Ma anche allora, un universo infinito si sarebbe esteso all'infinito oltre il "bordo" di questo pompelmo immaginario.

Come per un marinaio sull'oceano, quello che sappiamo sulle dimensioni dell'universo è limitato alla distanza a cui riusciamo a vedere

bisogno di una quantità infinita di vernice per coprire il nostro universo 2D - eppure la sua superficie non avrebbe confini o bordi.

Per contro, un universo a curvatura negativa sarebbe una versione a più dimensioni di una sella - curvata verso l'alto lungo un asse e verso il basso lungo l'altro - mentre un universo piatto assomiglierebbe a un foglio di carta. Entrambe le versioni si estenderebbero all'infinito.

Negli ultimi decenni, i cosmologi hanno cercato di misurare la curvatura dello spazio su larga scala e i risultati più recenti, combinati con argomenti teorici, sembrano indicare che viviamo in un universo geometricamente piatto.

Da una parte è comodo, perché il nostro cervello non è molto bravo a immaginare la curvatura dello spazio su larga scala; anche in questo caso abbiamo dovuto descrivere il nostro universo tridimensionale in termini bidimensionali.

Ma significa anche che l'universo è infinitamente grande e che quello osservabile - la parte all'interno del nostro orizzonte cosmologico - è solo una frazione infinitamente piccola di un tutto inimmaginabilmente grande.

Se vi state chiedendo come il nostro universo infinito e sconfinato sia in grado di espandersi, tornate ancora una volta all'analogia bidimensionale. Se vedeste crescere le dimensioni della griglia su un foglio di carta millimetrata, concludereste giustamente che la carta si sta espandendo. Se la carta fosse così grande da non poterne vedere il bordo trarreste comunque la stessa conclusione, anche pensando che il foglio di carta potrebbe essere infinitamente grande. Lo stesso vale per un universo infinito. Dopo tutto, infinito per due è ancora infinito!

Il libro di **Govert Schilling** *The Elephant in the Universe* è pubblicato dalla Harvard University Press

Andare al massimo nel cielo profondo

Come spingere l'astroinseguitore ai limiti delle sue possibilità con una camera con focali corte

Luca Fornaciari

Nell'appassionante mondo dei paesaggi notturni c'è letteralmente un universo di meraviglie che attende soltanto di essere fotografato. Fin dai primi esperimenti fotografici, abbiamo sempre cercato di immortalare la bellezza del cielo che ci sovrasta, e proprio attraverso la fotografia astronomica sono state compiute scoperte scientifiche fondamentali riguardanti il cosmo.

Nell'appuntamento precedente vi ho presentato l'astroinseguitore come strumento per migliorare le nostre fotografie alla Via Lattea eseguite a largo campo. Questo primo accessorio, specifico per la fotografia notturna, ci permette di inseguire la volta celeste e allungare così i tempi di esposizione, mantenendo le stelle perfettamente puntiformi.

Si tratta dunque di una soluzione efficace per ottenere splendide immagini della nostra galassia in un contesto di paesaggi notturni, includendo quindi una parte di panorama terrestre che completa la composizione fotografica.

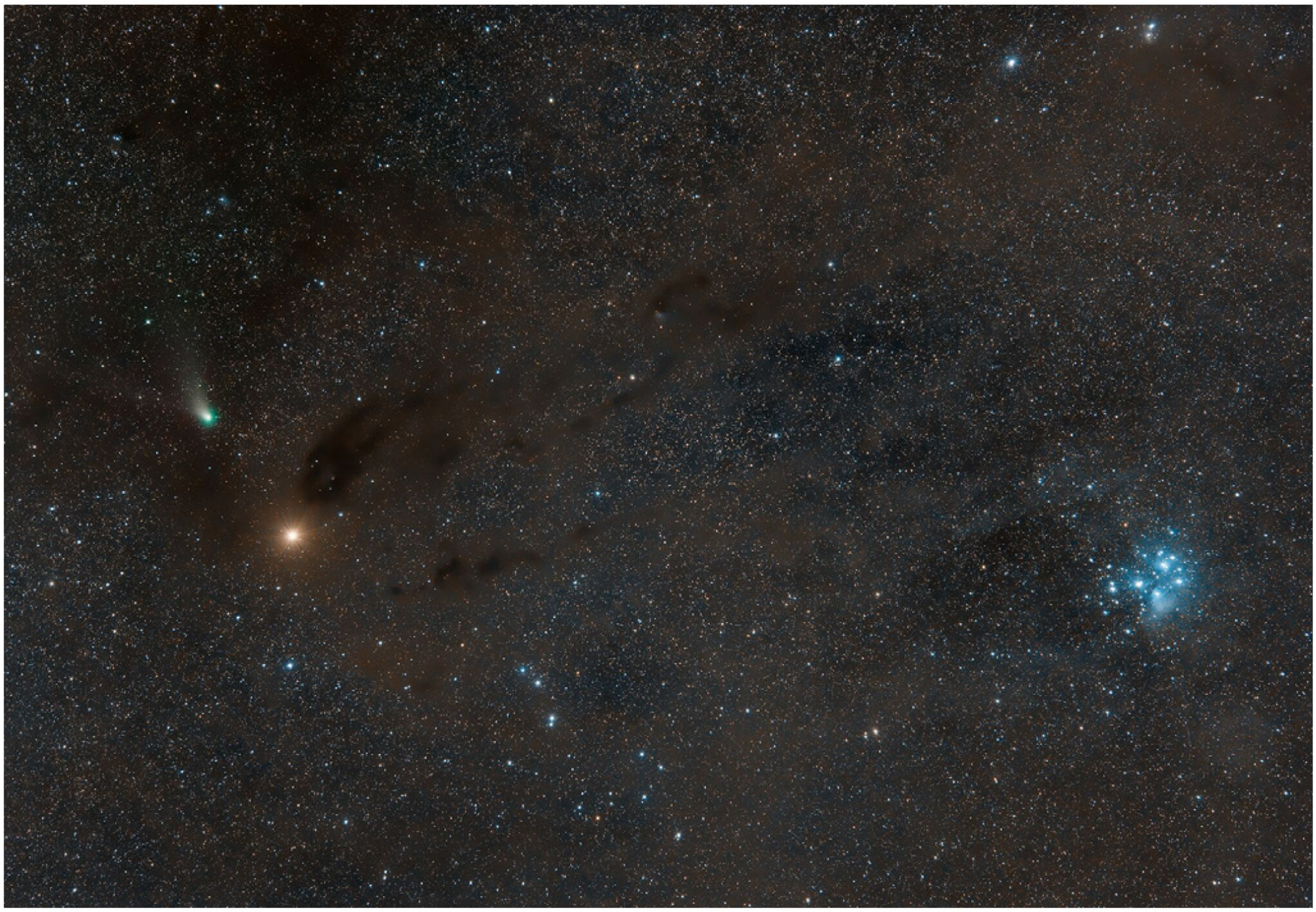
Volendo ora guardare ancora più lontano, o meglio più in alto, possiamo dire che tutti noi, appassionati di astronomia e scienza, conosciamo bene quelle splendide e colorate immagini di nebulose e lontane galassie, realizzate con sofisticate attrezzature e articolate tecniche di sviluppo e post-produzione. Ma quanto è lontano questo genere, l'astrofotografia *deep sky*, dalla fotografia notturna di paesaggio? Esiste un punto di contatto tra le due?

Ho sempre visto l'astrofotografia *deep sky* come un genere dedicato alla fotografia di oggetti al di là del nostro Sistema solare, con focali che escludono il paesaggio terrestre. Il più delle volte questa disciplina utilizza lunghezze focali elevate, poco diffuse nella fotografia tradizionale.

Possiamo però realizzare splendide immagini *deep sky* anche a focali relativamente corte, sfruttando l'intero potenziale del nostro astroinseguitore. Iniziamo quindi a esplorare insieme

▲ **Orione all'orizzonte**

questo affascinante genere fotografico partendo da alcune riflessioni. Dedicare l'intera inquadratura al cielo, scegliendo tra le tante nebulose e galassie che caratterizzano i diversi periodi dell'anno, ha vantaggi



e difficoltà. Da un lato non abbiamo più l'esigenza di fotografare a parte, e con l'astroinseguitore spento, il panorama terrestre. D'altra parte però, utilizzando focali maggiori di quelle di un grandangolo e volendo registrare la presenza di deboli oggetti di profondo cielo, dovremo ricorrere a una sequenza di immagini su cui eseguire poi uno *stacking* (una somma) che permetta di enfatizzare l'oggetto astronomico e attenuare la percezione del disturbo sull'immagine.

Prima di proseguire con qualche consiglio su come approcciarsi alla fotografia astronomica, è utile porsi un importante quesito. Potrò sperimentare la fotografia di profondo cielo avendo a disposizione soltanto un astroinseguitore o dovrò necessariamente acquistare un costoso e articolato setup per astrofotografia *deep sky*, con montatura equatoriale, telescopio, sistemi di guida, computer e camere astronomiche?

Questo nostro nuovo appuntamento ci permetterà di continuare a ragionare insieme sull'acquisto e sull'utilizzo dell'astroinseguitore, per scoprire insieme quali possano essere potenzialità e limiti di uno strumento di questo tipo.

L'astroinseguitore, infatti, se da un lato è limitato da un carico massimo di peso che è in grado di gestire per garantire stelle puntiformi negli scatti, dall'altro permette senz'altro di allungare la focale e andare almeno un po' oltre il tradizionale angolo di campo del grandangolo che utilizziamo per fotografare la Via Lattea. Dovremo dedicare un po' di tempo e pazienza esercitandoci sotto il cielo notturno (per delle semplici prove andrà bene anche quello di casa), per capire quali siano i limiti di peso e lunghezza focale gestibili dal nostro astroinseguitore. Sarà sicuramente utile eseguire la migliore messa al polo possibile e distribuire al meglio il peso, utilizzando le variegate soluzioni che i diversi astroinseguitori presenti sul mercato vi mettono a disposizione.

Alcuni strumenti avranno una molla per indurire o favorire il movimento del motore, altri una staffa con un contrappeso per compensare l'aumento del carico fotografico. Qualunque sia il vostro strumento, l'allineamento al polo e una perfetta equilibratura determineranno lunghezze focali e relativi tempi di esposizione, che vi permetteranno di restringere l'angolo di campo inquadrato mantenendo le stelle puntiformi.

Allungare la focale è utile non soltanto per escludere il paesaggio terrestre, ma soprattutto per "avvicinarsi" a oggetti di profondo cielo che,

▲ Marte e la cometa

Luca Fornaciari è formatore e fotografo professionista. Si occupa di servizi di consulenza, corsi in aula, formazione aziendale e lezioni individuali per grafica e fotografia, con una speciale passione per la fotografia notturna e l'astrofotografia

per quanto apparentemente estesi, richiedono comunque un minimo di ingrandimento.

Riuscendo a stabilizzare le prestazioni di un astroinseguitore a focali più lunghe del solito possiamo accedere a un genere di contatto tra la tradizionale paesaggistica notturna e l'astrofotografia *deep sky*, avvicinandoci così a esperienze fotografiche del tutto nuove e sorprendenti.

Orione all'orizzonte

Nel 2023 ho realizzato questa fotografia proprio perché potesse visivamente abbracciare i due generi fotografici, proponendo così un'immagine realizzata con una Sony A7 III a 90 mm di lunghezza focale, che non è soltanto il risultato di uno *stacking* di immagini per il cielo ma conserva addirittura ancora l'ambientazione terrestre.

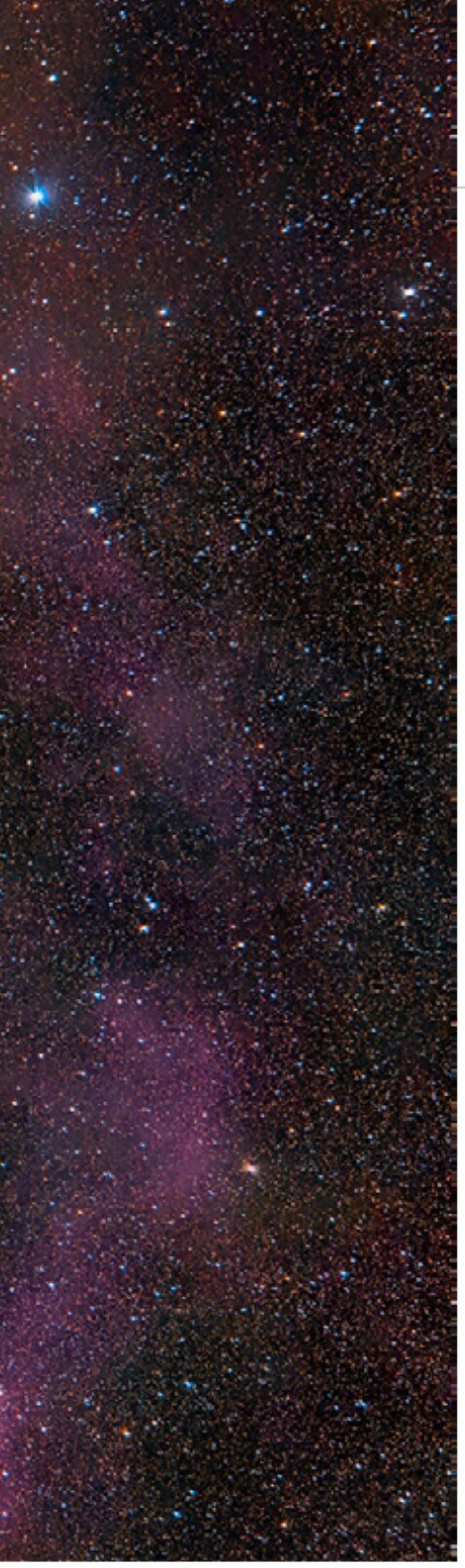
Cercando di presentare una fotografia più coerente possibile alla scena reale, sia la sessione di immagini dedicate al cielo (23 scatti da 60 secondi) sia lo scatto dedicato al paesaggio terrestre senza inseguimento sono stati realizzati tutti nella stessa posizione e nello stesso momento. Non soltanto quindi è rimasta invariata la strumentazione, ma tutto il materiale fotografico è stato raccolto nell'arco di circa 30 minuti. Ora qualche informazione in più. La fotografia mostra il grande complesso

▲ **Orione da vicino**

nebulare dell'Anello di Barnard, dove identifichiamo anche la nebulosa Testa di Cavallo, la Grande nebulosa di Orione e la nebulosa a riflessione M78. La sessione di immagini inseguite per il cielo è stata realizzata spostandomi fisicamente di lato appena di un metro o due (essendo a 90 mm di lunghezza focale), sufficienti per poter escludere l'albero dall'inquadratura e realizzare una sessione con il cielo libero. Prima di questa fase, però, ho realizzato lo scatto al paesaggio terrestre con una singola fotografia da 13 secondi.

Quali sono dunque gli aspetti che complicano questi nuovi esperimenti fotografici, rispetto alle precedenti prove di fotografia paesaggistica sulla Via Lattea? Prima di tutto la necessità di fare una sessione di fotografie tutte identiche, che successivamente dovranno essere integrate con software specifici per astrofotografia.

Troviamo in rete soluzioni gratuite come "Deep Sky Stacker" o soluzioni evolute a pagamento come "PixInsight". Questa necessità esiste per poter aumentare la visibilità di oggetti deboli, che su una singola fotografia sarebbero difficilmente apprezzabili. In secondo luogo, è importante considerare che la maggior parte delle nebulose che potremo fotografare a focali tradizionali contiene molto idrogeno ionizzato, ossia un elemento che emette su una frequenza che



richiede l'utilizzo di una macchina fotografica modificata per astrofotografia per poter essere registrato al meglio. Ritengo però molto importante mostrarvi, nei successivi esempi, come la modifica della macchina fotografica non sia inizialmente obbligatoria e come possiate quindi utilizzare il vostro setup tradizionale corredato di astroinseguitore senza dover aggiungere nulla... almeno fino a che non vorrete alzare il livello dei risultati.

Marte e la cometa

In questa seconda fotografia vediamo la congiunzione tra la cometa C/2022 E3 (ZTF) e Marte, avvenuta a febbraio 2023. Nella composizione sono presenti anche le Pleiadi, facilmente identificabili a destra.

L'ottica utilizzata è sempre lo stesso obiettivo Sony da 90 mm: un macro a cui sono molto affezionato e che risulta molto versatile, potendo passare dalla fotografia di piccoli insetti fino a quella astronomica. A questo punto ci sono due considerazioni da fare. Prima di tutto, l'esclusione del terrestre ci proietta in una credibilissima immagine *deep sky,* nonostante la focale contenuta.

In secondo luogo, essendo questo un campo di polveri oscure e di nebulose a riflessione, la modifica alla macchina fotografica non comporterebbe particolari vantaggi.

Abbiamo quindi la possibilità di orientarci su panorami non necessariamente composti in gran misura da idrogeno ionizzato, anche se, quando caratterizzati da nebulose oscure e polveri cosmiche, richiedono un cielo molto buio e isolato dall'inquinamento artificiale.

Orione da vicino

L'ultima immagine mostra nuovamente la zona di Orione, dove identifichiamo anche la nebulosa Testa di Strega in alto a sinistra. Stesso setup, stessa focale, ma la particolarità di questa fotografia è di essere stata realizzata con una macchina fotografica non modificata per astrofotografia. La visibilità dell'idrogeno ionizzato, tutta la zona identificabile con un colore magenta, è abbondante nonostante i limiti di una tradizionale macchina fotografica che ne riduce la visibilità. Non ci sono trucchi e soluzioni magiche purtroppo. La possibilità che una macchina fotografica originale, e quindi non modificata, possa intravedere meglio o peggio questo elemento è difficile da prevedere. Cambia in base a marca e modello e per quanto possa passare questa frequenza, è in ogni caso indispensabile procedere alla modifica se e quando decideremo di dedicarci a questo genere, volendo massimizzare i risultati.

In questo appuntamento ho trascurato una possibilità "inversa", ovvero quella di montare ottiche tradizionali su camere astronomiche che normalmente utilizziamo per astrofotografia *deep sky* con telescopi. È senz'altro una soluzione ancora migliore, potendo anche disporre di un sistema di raffreddamento del sensore, ma richiede spese e competenze superiori. L'obiettivo era quello di suggerire invece un utilizzo più estremo dell'astroinseguitore a chi ha da poco iniziato il percorso nella fotografia notturna e possiede questo unico e specifico strumento. Sperimentate, divertitevi e spingete quindi i vostri astroinseguitori al massimo. Il *deep sky* vi attende!

▼ La nebulosa Rosetta (in basso a sinistra), l'ammasso dell'Albero di Natale e altri oggetti deep sky da scovare nella costellazione dell'Unicorno

IL VOSTRO SAFARI FOTOGRAFICO

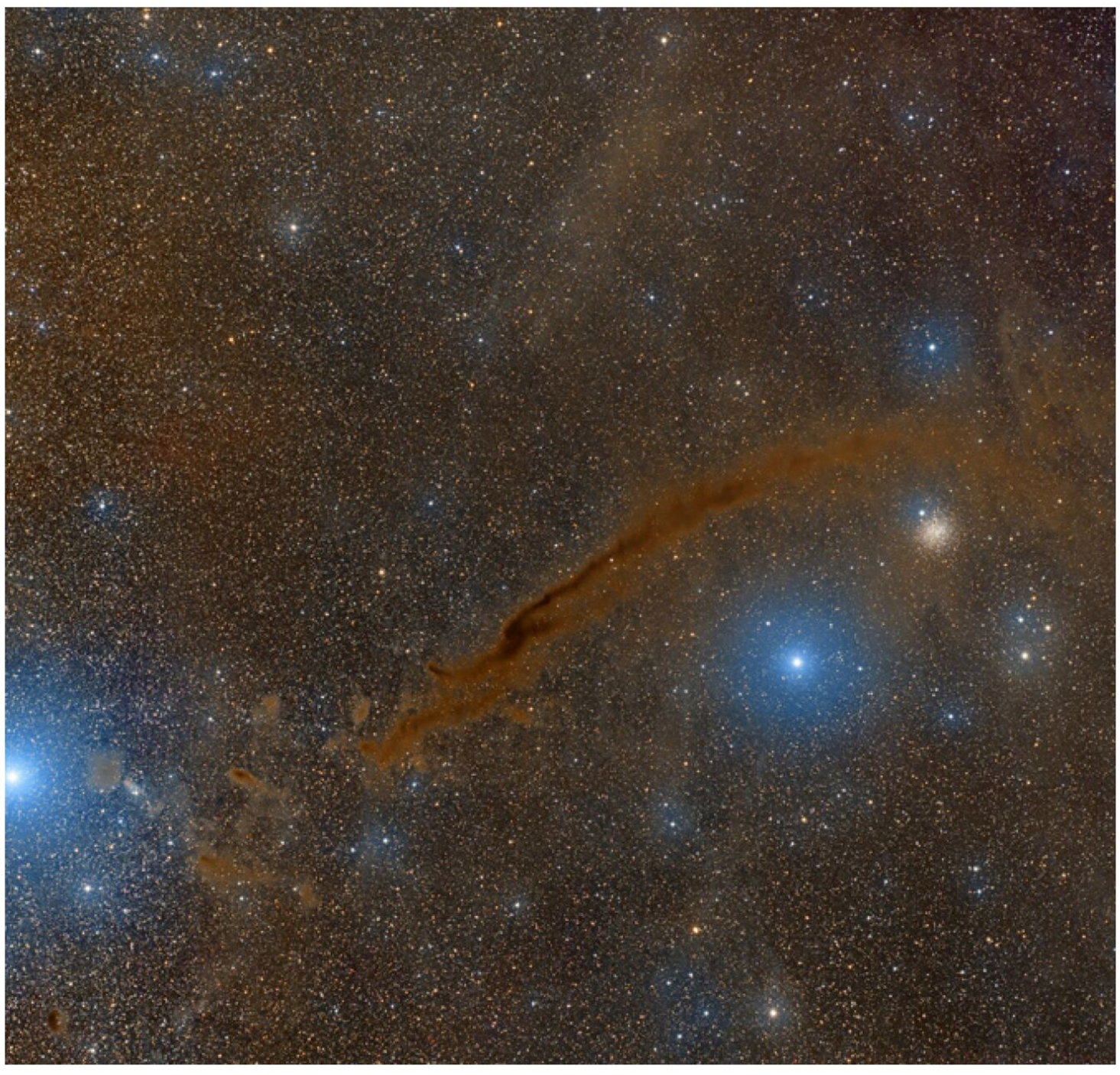
Ammasso NGC 3324 in bea stretta //

LUIGI MORRONE

- SII:32x600s, Ha:32x600s, OIII:32x600s
- Telescopio: CHI-1 PlaneWave CDK24
- Camera: FLI PL16083
- Località: Río Hurtado, Coquimbo Region, Chile
- Data: aprile-giugno 2022
- Filtri: SHO Astrodon
- Elaborazione: Pixinsight e PS
- Crediti: Luigi Morrone e Telescope Live

Cometa 62P/Tsuchinshan //
LUIGI MORRONE

- L:8x120s, R:4x120s, G:4x120s,B:4x120s
- Telescopio: Takahashi FSQ-106ED
- Camera: QHY 600M CMOS
- Località: Yass, NSW 2582, Australia
- Data: 18 gennaio 2024
- Filtri: LRGB Astrodon
- Elaborazione: Pixinsight
- Crediti: Luigi Morrone e Telescope Live



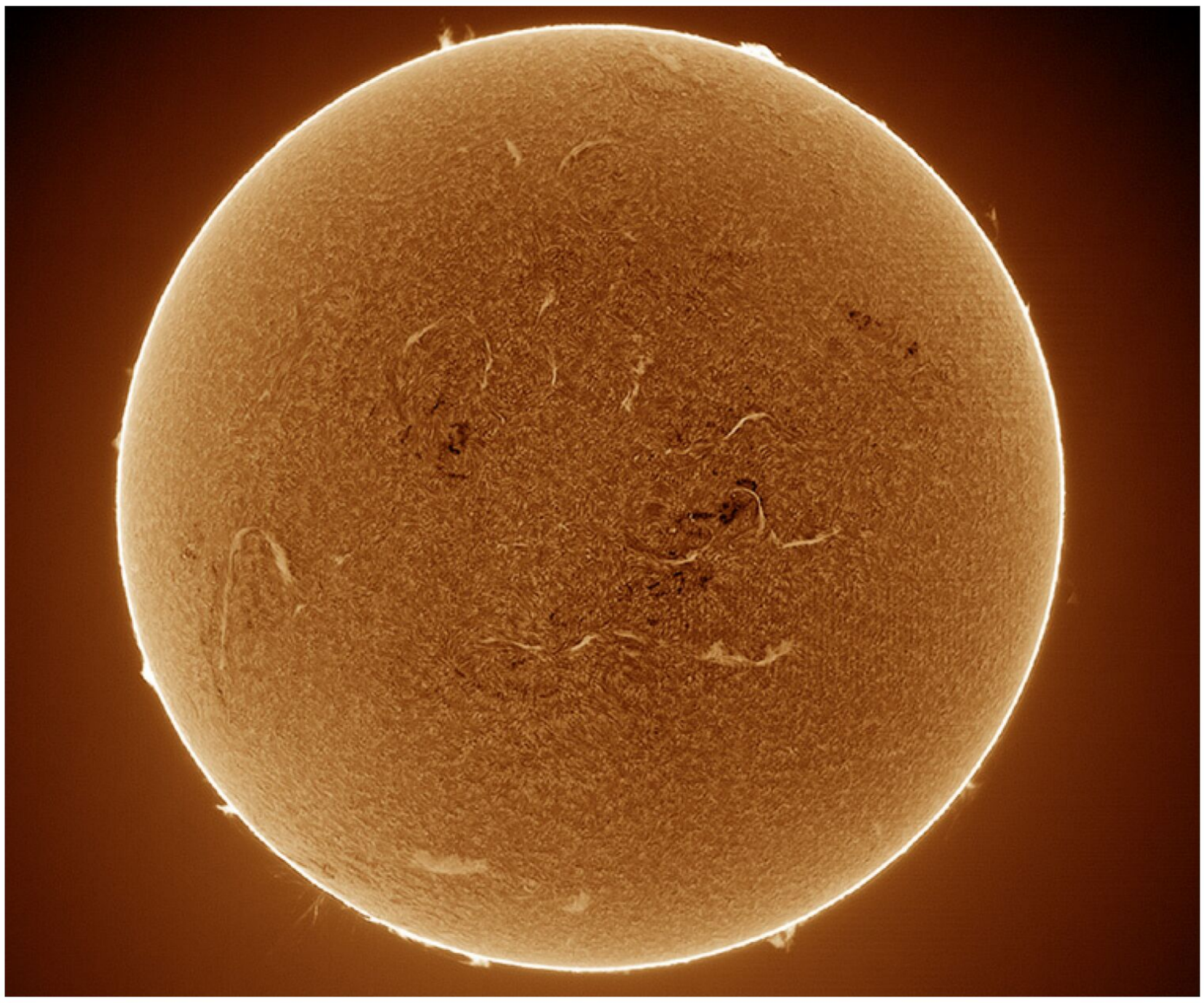
Nebulosa Dark Doodad //
LUIGI MORRONE

- Telescopio: Takahashi FSQ-106ED
- Camera: FLI PL16083
- LRGB:16x600s
- Località: Yass, NSW 2582, Australia
- Data: aprile-maggio 2022
- Filtri: LRGB Astrodon
- Elaborazione: Pixinsight e PS
- Crediti: Luigi Morrone e Telescope Live

NGC 3718, NGC 3729 e l'ammasso HCG 56 //

Stefano Camaeti

- Telescopio: RC10 su montatura AZEQ6
- Camera: Ares 533C con filtro IDAS P2
- Elaborazione: Nina, Pixinsight e Photoshop
- Esposizione: 54 x 480sec guided with OAG



Sole in luce H-alfa //

ANA GULIC

- Telescopio Lunt 40 BF1200
- Camera QHYCCD 568M
- Montatura Solar Quest Skywatcher
- Elaborazione Avistack e Photoshop

Coltiviamo la curiosità dei più piccoli

Ecco come 56 scolari andranno sulla Luna

A maggio, a Bondeno (Ferrara), una mostra sulle missioni Artemis realizzata con materiali riciclati

Tutto ciò che profuma di scienza mi ha sempre incuriosito. Ho il vivido ricordo di un giocattolo che costruì mio padre con un semplice quadrato di latta e profili di metallo. Nella mia fantasia quello era il modulo usato per portare il primo uomo sulla Luna con la missione Apollo 11. Siamo nel luglio del 1969 e avevo tre anni. Ecco come si scatenò in me la passione per il cielo stellato e le sue meraviglie cosmiche.

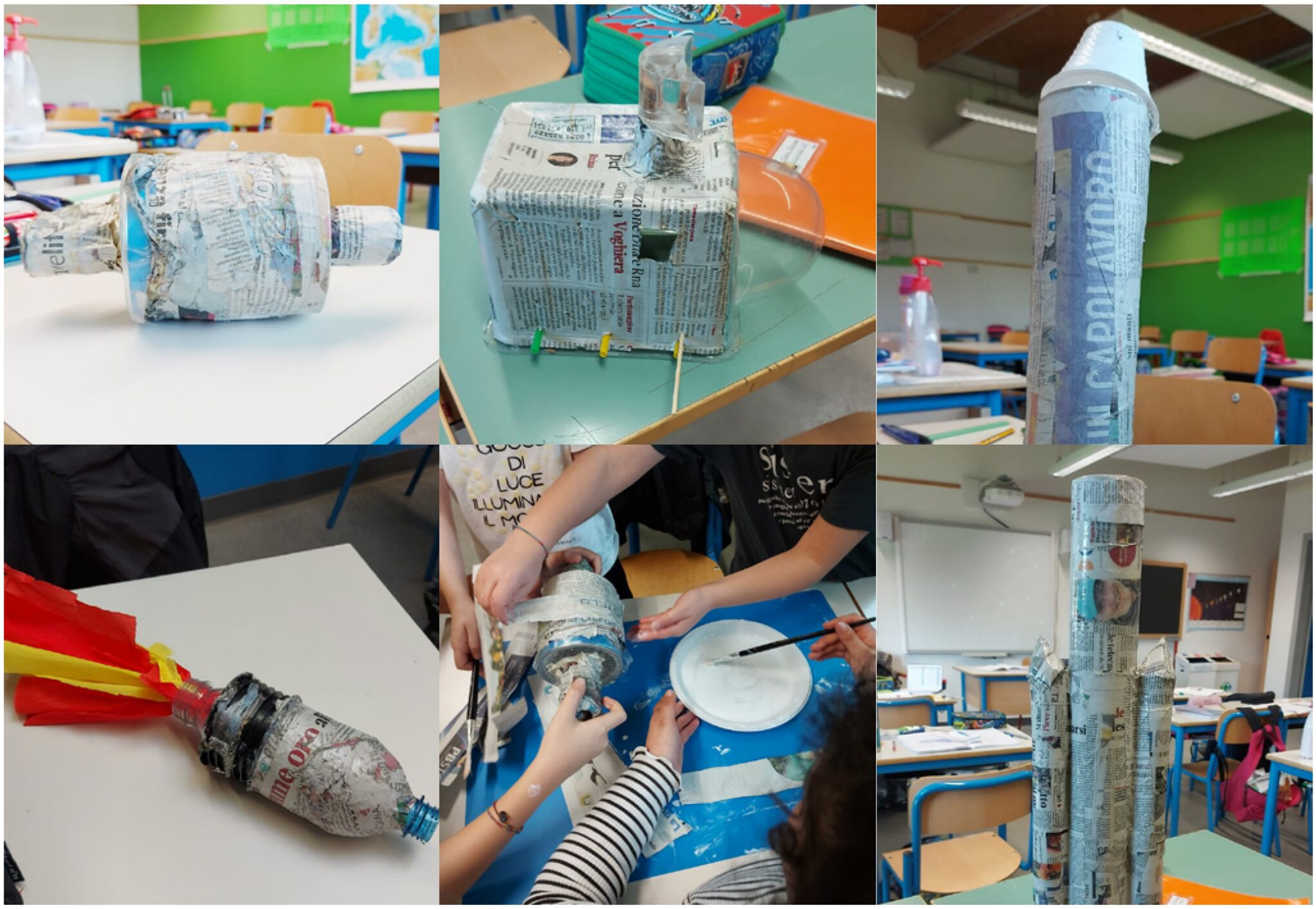
Non so per quale fortuita combinazione ottica, scoprii che allineando un piccolo cannocchiale di plastica con l'oculare di un vecchio binocolo militare, ereditato dal nonno paterno, era possibile ottenere uno strumento con cui iniziare il mio personale viaggio alla scoperta dell'universo.

Da allora sono trascorsi poco più di quarantasei anni, ma la mia peregrinazione ancora continua, seppure in compagnia di un più professionale telescopio Schmidt-Cassegrain da 20 cm.

Qual è il bello di un viaggio? Condividere le proprie esperienze con chi ci circonda. E che c'è di meglio di una giovane mente in grado di assaporare con viva curiosità il fascino del cosmo? Da questi presupposti, dalla lungimiranza di un sensibile dirigente scolastico e dal desiderio di un gruppo di insegnanti di mettersi in gioco, nasce il progetto "Artemis per la scuola". L'idea mi è venuta tenendo a Ferrara un seminario dedicato al programma di voli spaziali Artemis verso la Luna. Nonostante fosse indirizzato a un pubblico adulto, mi rallegrò vedere tra il pubblico anche dei giovanissimi. Ma ciò che più mi colpì fu la genuina attenzione nel seguire ciò che stavo loro raccontando. In breve trasformai la mia presentazione in un vero e proprio "Piano di Sviluppo Prodotto", con tanto di analisi costi e la rappresentazione grafica del calendario delle attività, da sottoporre alla valutazione della dirigenza del plesso scolastico di Bondeno (Ferrara), il mio paese. Del resto, che cosa ci si poteva aspettare da un laureato in ingegneria se non questo?

A fine settembre mi presentai a una platea di cinquantasei ragazzi/e appartenenti alle classi terza, quarta e quinta della scuola primaria di Scortichino di Bondeno, per presentare l'intero progetto. Superfluo descrivere l'entusiasmo con cui accolsero la proposta di improvvisarsi, anche se per pochi mesi, giovani ingegneri aerospaziali. Usando esclusivamente materiale di riciclo (rotoli e scatole di cartone, tappi di plastica e sughero, stuzzicadenti, bottiglie di polietilene per l'acqua minerale, vasetti di yogurt, contenitori per uova...) costruiremo tutti gli elementi funzionali del programma Artemis (SLS, HALO, I-HUB, ESPRIT, navicella Orion, HLS, ecc.), suddivisi tra ciò che serve per "Raggiungere la Luna dalla Terra", "Orbitare attorno alla Luna" e "Atterrare sulla Luna". I ragazzi/e hanno formato undici gruppi

Davide Formenti
è ingegnere aerospaziale



di lavoro, uno per ciascun elemento funzionale.
Al loro interno hanno nominato un capo progetto, con il compito di coordinare l'attività (ovviamente con la supervisione dell'insegnante) e tenere i contatti con gli altri responsabili di progetto.

Ciascuno di loro deve capire a cosa serve lo specifico modulo che sta realizzando e come questo si collochi nel programma Artemis, la cosiddetta "visione d'insieme". Per aiutare i ragazzi/e (e i loro insegnanti) nello svolgimento delle varie fasi realizzative, ho redatto un "Diario di bordo" su cui riportare disegni, commenti e difficoltà di ciò che stanno costruendo con così tanta passione.

Al di là dell'aspetto puramente ludico, vorrei sottolinearne altri che valorizzano ciò che stiamo facendo:

Progettualità: vengono percorse le varie fasi di come si affronta un progetto, quindi uno strumento per ragionare su ciò che si intende costruire comprendendone principi e difficoltà.

Collaborazione: in ogni singolo gruppo è importante aiutarsi per raggiungere un obiettivo comune.
A maggior ragione, questo valore si applica a quei gruppi che stanno realizzando elementi che sono parte di un insieme (ad esempio i vari moduli della stazione spaziale in orbita lunare, Gateway Lunare).

Responsabilità: riconoscere l'importanza del proprio compito e come questo sia fondamentale per la buona riuscita del progetto.

Problem solving: capacità di risolvere eventuali problemi che dovessero ostacolare il progetto.

▲ Ragazze e ragazzi della scuola primaria al lavoro per costruire i moduli del programma Artemis

Dimenticavo... ogni gruppo si è dato un nome e ha disegnato il logo per la tuta spaziale! Quale l'obiettivo? Nel mese di maggio (data prevista il 17) verrà allestita una mostra, aperta al pubblico, nell'atrio della scuola con tutti i modelli realizzati. Durante l'inaugurazione, ogni capo progetto, con il supporto del proprio gruppo di lavoro, descriverà ciò che è stato fatto.

E non ci siamo dimenticati dei più piccini: le classi prima e seconda ci aiuteranno a realizzare il suolo lunare e a decorare l'esposizione con disegni a tema spaziale. Abbiamo anche chiesto il patrocinio dell'ASI (Agenzia Spaziale Italiana) per poter inserire sulla locandina, che pubblicizzerà l'evento, il logo dell'Agenzia: i miei giovani ingegneri ne andrebbero fieri. Cosa rimarrà di questa bellissima esperienza? L'immagine dell'entusiasmo stampata sui visi di quei ragazzi/e a ogni mio nuovo ritorno in classe; il fiume di domande a cui ho cercato di rispondere al meglio delle mie capacità per colmare una curiosità senza fine; la speranza che, per alcuni di loro, tutto questo possa concretizzarsi in una futura attività nella ricerca astronomica o nella tecnologia aerospaziale. A voi tutti lascio un augurio: *Per aspera ad astra*!

SPREA EDITORI

È PARTNER **BBC** PER L'ITALIA

BBC History

BBC TopGear

BBC SCIENZE
RICERCA • TECNOLOGIA • ATTUALITÀ • FUTURO

VUOI ABBONARTI?

Contatta il nostro servizio abbonamenti o vai al sito **www.sprea.it**

SPREA EDITORI È PARTNER BBC PER L'ITALIA

Scansiona il QR Code

Abbonati e aquista la tua rivista su www.sprea.it/skyatnight
anche in versione digitale

ABBONATI

ALLA TUA RIVISTA PREFERITA

LA RICEVI A CASA APPENA STAMPATA

Con l'abbonamento cartaceo la versione digitale è in **OMAGGIO**!

Riceverai 6 numeri a soli

41,90€

invece di ~~59,40€~~

DISPONIBILE ANCHE IN VERSIONE DIGITALE

Scansiona il QrCode per abbonarti oppure contattaci

Telefono
02 87168197

online
www.sprea.it/skyatnight

email
abbonamenti@sprea.it

WhatsApp
329 3922420
Solo messaggi

Informativa ex Art.13 LGS 196/2003. I suoi dati saranno trattati da Sprea SpA, nonché dalle società con essa in rapporto di controllo e collegamento ai sensi dell'art. 2359 c.c. titolari del trattamento, per dare corso alla sua richiesta di abbonamento. A tale scopo, è indispensabile il conferimento dei dati anagrafici. Inoltre previo suo consenso i suoi dati potranno essere trattati dalle Titolari per le seguenti finalità: 1) Finalità di indagini di mercato e analisi di tipo statistico anche al fine di migliorare la qualità dei servizi erogati, marketing, attività promozionali, offerte commerciali anche nell'interesse di terzi. 2) Finalità connesse alla comunicazione dei suoi dati personali a soggetti operanti nei settori editoriale, largo consumo e distribuzione, vendita a distanza, arredamento, telecomunicazioni, farmaceutico, finanziario, assicurativo, automobilistico e ad enti pubblici ed Onlus, per propri utilizzi aventi le medesime finalità di cui al suddetto punto 1) e 2). Per tutte le finalità menzionate è necessario il suo esplicito consenso. Responsabile del trattamento è Sprea SpA via Torino 51 20063 Cernusco SN (MI). I suoi dati saranno resi disponibili alle seguenti categorie di incaricati che li tratteranno per i suddetti fini: addetti al customer service, addetti alle attività di marketing, addetti al confezionamento. L'elenco aggiornato delle società del gruppo Sprea SpA, delle altre aziende a cui saranno comunicati i suoi dati e dei responsabili potrà in qualsiasi momento essere richiesto al numero +39 0287168197 "Customer Service". Lei può in ogni momento e gratuitamente esercitare i diritti previsti dall'articolo 7 del D.Lgs.196/03 – e cioè conoscere quali dei suoi dati vengono trattati, farli integrare, modificare o cancellare per violazione di legge, o opporsi al loro trattamento – scrivendo a Sprea SpA via Torino 51 20063 Cernusco SN (MI).

Telescopio Smart Celestron Origin

Il 2023 è stato un anno ricco di sorprese per i telescopi smart, dagli ormai conosciuti Unistellar ai nuovi e piccoli Dwarf II e Seestar 50. E il 2024 ci ha riservato un'altra sorpresa: per la prima volta, una grande e famosa azienda che costruisce telescopi ha voluto dire la sua riguardo a questi strumenti e l'ha fatto in grande stile, portando sul mercato il Celestron Origin.

Rispetto ai concorrenti che hanno orientato i loro prodotti a un utilizzo didattico o puntando al divertimento e alla trasportabilità, Celestron si è rivolta agli astrofili, sempre scettici riguardo a questo genere di telescopi.

Il cuore dell'Origin è un'ottica di grande pregio: un Rowe-Ackermann Schmidt Astrograph (RASA) nella versione da 150 mm, con una focale di 330 mm e un velocissimo rapporto focale di F2,2! La camera utilizza un sensore Sony Starvis IMX178 retroilluminato con pixel da 2,4 micron, 14 bit e un basso rumore di lettura: il campionamento di 1,5 arcsecondi/pixel con un campo inquadrato di 75x52 arcminuti ci sembra un ottimo compromesso per un'ottica da 150 mm. Si tratta di un buon sensore, anche se avremmo preferito qualcosa di più recente. Secondo alcuni "rumors" sembra però che la camera utilizzata possa essere in futuro sostituita, e questo apre nuove e interessanti opzioni di upgrade per gli appassionati.

La montatura è la stessa della serie Evolution, con batteria al litio integrata dotata però di intelligenza artificiale, che abbinata alla collaudata tecnologia StarSense consente al telescopio Origin di puntare gli oggetti, riconoscere il campo inquadrato, mettere a fuoco autonomamente e fare uno *stacking* delle immagini acquisite. Davanti all'ottica è inoltre presente un cassettino porta filtri che accetta filtri anti-inquinamento da 1,25" e 2", particolarmente utili sotto cieli suburbani. Uno dei punti deboli dei telescopi con lastra correttrice è la fastidiosa condensa nelle notti umide, ma Celestron ha pensato anche a questo problema, aggiungendo un lungo paraluce e un anello anti-condensa interno.

Le novità non sono finte qui, perchè c'è una interessante funzione per osservazioni programmate, dove basterà inserire l'elenco degli oggetti da fotografare durante la notte e lasciare fare tutto al telescopio, svegliandosi al mattino con una serie di spettacolari immagini.

Questo sofisticato telescopio ha un prezzo tra i più alti della sua categoria, ma è anche l'unico a utilizzare un'ottica RASA F2,2 e ad avere la possibilità di cambiare la camera in futuro, caratteristiche che potrebbero far cambiare idea anche al più scettico degli astrofotografi tradizionali.

Il prezzo proposto al pubblico è di € 5.189

Prisma di Herschel Tecnosky ceramico da 1,25"

Il Sole è in grande fermento in questo periodo, con un'elevata quantità di macchie visibili sulla superficie. Per osservarlo e fotografarlo con sicurezza servono filtri appositi. I più utilizzati sono quelli in vetro o pellicola, da applicare davanti allo strumento. Ma se il nostro telescopio è un rifrattore possiamo anche valutare di prendere il prisma di Herschel. All'apparenza sembra un normale diagonale a 90° da 31,8 mm, ma il prisma al suo interno disperde il 95% della luce e il restante 5% passa attraverso un filtro ND3. Nella versione proposta da Tecnosky troviamo anche un secondo filtro polarizzatore, utilizzabile ruotando il porta oculari: in questo modo è possibile regolare a piacere la luminosità del Sole.
Una grande comodità di questo prisma di Herschel è la presenza di uno schermo ceramico posto sul retro che, oltre a dissipare il calore in eccesso, serve anche come cercatore solare. Rispetto a un filtro frontale, il prisma di Herschel mostra immagini più contrastate e stabili, è generalmente più sicuro ma può essere utilizzato solo su telescopi rifrattori, in quanto la luce del sole non filtrata frontalmente potrebbe danneggiare lo specchio secondario dei telescopi Newton o catadiottrici.
Il prezzo proposto al pubblico è di € 195 iva inclusa

Oculari Ploss Ortho Masuyama

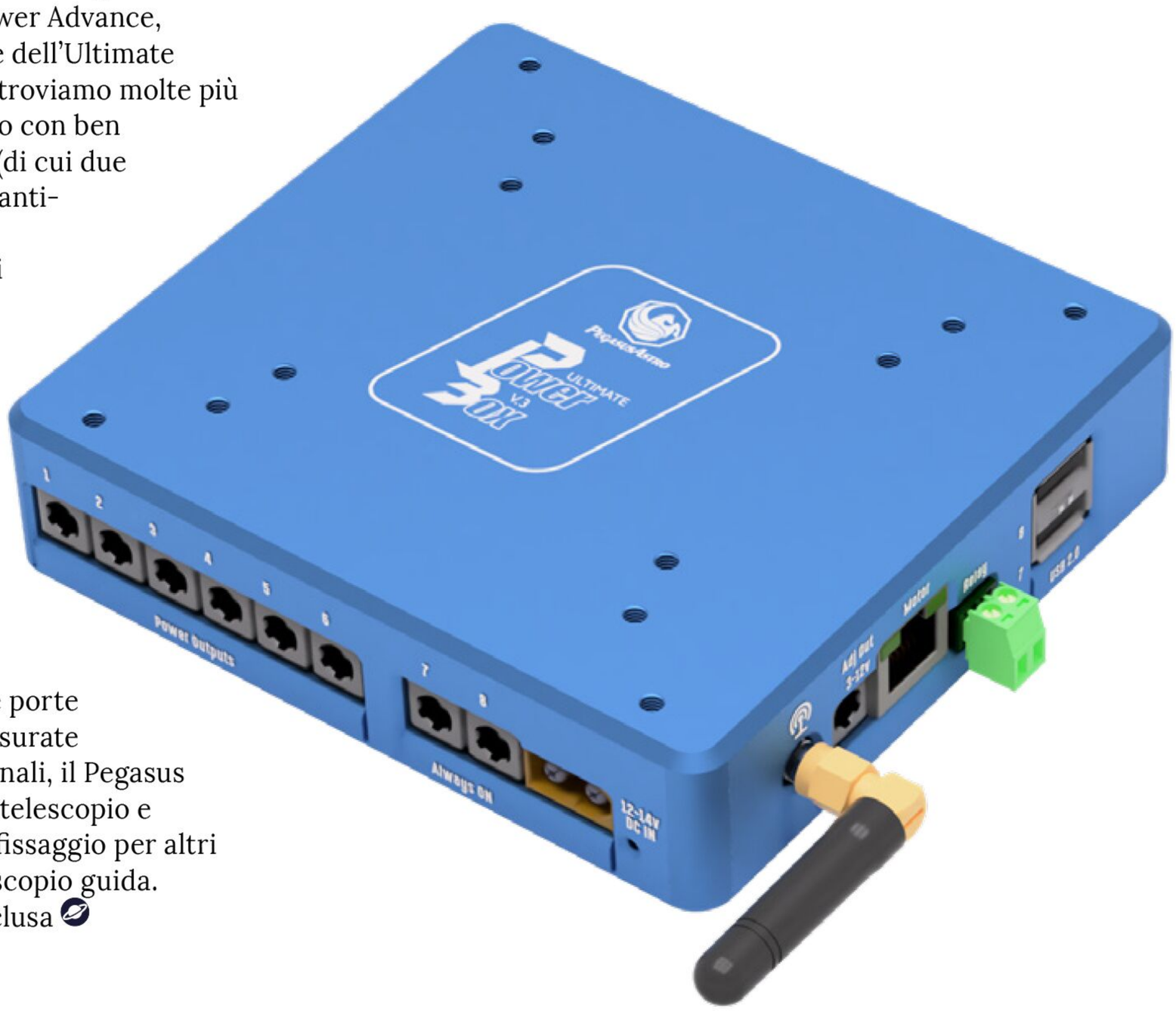
Masuyama è un marchio giapponese, ben conosciuto dagli appassionati con qualche anno sulle spalle, che produceva ai tempi ottimi oculari ploss e ortoscopici. Dopo parecchi anni di attività saltuaria, il produttore gapponese Ohi Kohki è tornato sul mercato con una serie di oculari ortoscopici, una serie super wide angle, barlow e infine questi nuovi oculari chiamati MOP, Masuyama Ortho Ploss. Le focali da 31,8 mm sono addirittura 8 (5-7,5-10-12,5-15-20-25-30), tutte con uno schema ottico a 5 elementi trattati FMC e con 53° di campo apparente. Si tratta di oculari che hanno un'ottima resa sul planetario, con la stessa incisione e contrasto di un ortoscopico, ma con un campo apparente di 53° e una elevata trasparenza che li rende appetibili anche sul cielo profondo, in particolare nelle focali più lunghe. Il ritorno di un marchio di alta qualità che sicuramente sarà apprezzato dagli astrofili visualisti.
Il prezzo proposto al pubblico parte da 239 € iva inclusa

Telescopio Skywatcher Virtuoso 127 mm Limited Edition

Questo strumento è stato realizzato per festeggiare i 25 anni di presenza sul mercato del marchio Skywatcher, brand che nel corso degli anni, grazie all'ottimo rapporto prezzo/prestazioni, unitamente all'affidabilità costruttiva e tecnica, ha saputo essere un punto di riferimento tra gli astrofili e gli astroimagers di tutto il mondo.
Si tratta di uno strumento ultraportatile, un Maksutov da 127 mm di diametro, focale 1.500 mm, dotato di montatura altazimutale da tavolo con puntamento automatico gestito da dispositivi Android o iOS. È uno strumento perfetto sia per chi si vuole avvicinare al cielo, sia per chi desidera un secondo telescopio per le osservazioni "mordi e fuggi".
La collaudata APP Synscan PRO è completa e facile da utilizzare, e l'allineamento iniziale dello strumento viene effettuato in modo rapido e senza inserire dati (ricavati direttamente dal GPS del cellulare).
La montatura in stile dobson ha un attacco da 3/8" e può essere anche fissata su treppiedi fotografici.
Il prezzo proposto al pubblico è di 715 € iva inclusa

Pegasus Astro Ultimate Powerbox V3

Il produttore greco Pegasus Astro ci stupisce sempre con tanti prodotti nuovi, per semplificare la vita degli astrofili che si cimentano nel complicato hobby dell'astrofotografia.
Avevamo già parlato in passato del Pocket Power Advance, adesso vogliamo presentare la nuova versione dell'Ultimate Power Box. Rispetto alla versione più piccola troviamo molte più porte di connessione, come un hub alimentato con ben 6 uscite usb3 e 2 uscite usb2, 10 uscite a 12 V (di cui due regolabili 5-12 V e 12-24 V), 3 uscite per fasce anti-condensa, un'uscita per motorizzazione focheggiatori e una per un sensore esterno di temperatura/umidità.
Molto utile è inoltre l'uscita con relè da 250 V e 10 A, che farà la felicità dei possessori di osservatori remoti, in quanto dà la possibilità di accendere e spegnere periferiche esterne (ad esempio ventole di acclimatazione, deumidificatore, ecc).
Tutte le porte sono comandabili tramite il software Unity di Pegasus, che fornisce inoltre numerose informazioni come l'assorbimento delle periferiche, lo stato delle porte usb, la temperatura e l'umidità ambientale misurate tramite i suoi sensori. Grazie alle staffe opzionali, il Pegasus Power Box può essere montato su qualunque telescopio e addirittura può essere usato come piastra di fissaggio per altri accessori, come un piccolo mini PC o un telescopio guida.
Il prezzo proposto al pubblico è 689 € iva inclusa



Si fa presto a dire apocromatico

C'è molta confusione sul significato del termine, ma basta un vocabolario per togliersi ogni dubbio

Di **Giuliano Monti**

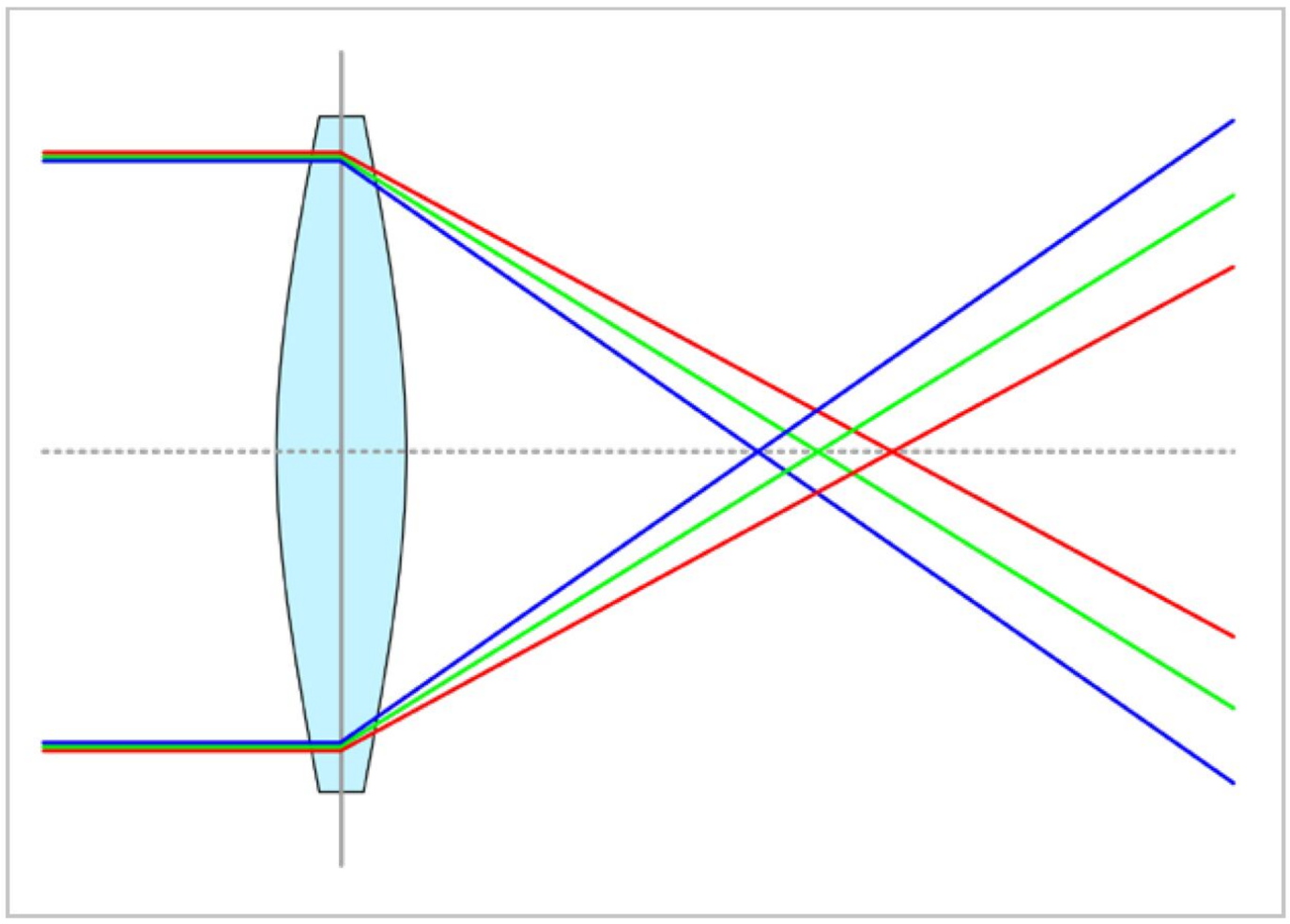
apocromàtico agg. [comp. Di *apo- e cromatico*] (pl. m. -ci). In ottica, di sistema sensibilmente esente da aberrazione cromatica per tutte le radiazioni visibili; in partic., di sistema totalmente esente da cromatismo per tre colori dello spettro.

Il cromatismo è un'aberrazione ottica dovuta alla dispersione della luce negli elementi rifrangenti di cui è composto il sistema ottico. I rifrattori acromatici, grazie all'utilizzo di due lenti (famoso è il doppietto Fraunhofer), riducono l'aberrazione cromatica ma solo su due lunghezze d'onda, mentre la terza crea lo spettro secondario, solitamente di colore blu/viola. Utilizzando vetri speciali ad alto indice di rifrazione, e quindi a bassa dispersione, chiamati ED (extra low dispersion), si possono avere i tre colori dello spettro sullo stesso punto di fuoco, eliminando così lo spettro secondario.

Questa è la teoria, ma ci sono anche tante variabili in mezzo che possono migliorare o peggiorare il risultato; ad esempio, i vetri utilizzati in ottica vengono classificati con un indice di rifrazione chiamato "numero di Abbe" (più è elevato e più sono di qualità), semplificando la realizzazione di un rifrattore apocromatico.
Due vetri molto conosciuti come FPL55-FPL53 hanno un valore elevato prossimo a 95, mentre per la FPL51, molto usata nei tripletti ED, si scende a 81 e per il classico BK7 (rifrattori acromatici, lastre correttrici, ecc.) abbiamo un valore di 64,17. Un ottimo vetro, di recente utilizzo, chiamato FCD100, ha uno dei valori più alti in assoluto: 95,10, molto vicino alla famosa fluorite naturale CAF2. Ovviamente tutto questo ha un prezzo, in particolare con grandi diametri, per i quali è difficile trovare un disco di vetro omogeneo e privo di imperfezioni.

Altre variabili sono lo schema ottico (2 o 3 elementi) e la lunghezza focale: anche nei rifrattori acromatici un lungo rapporto focale (superiore a F/10) aiuta a diminuire lo spettro secondario.

In passato ci sono stati anche esperimenti nella costruzione di rifrattori apocromatici senza lenti ED o focali troppo lunghe: molti ricorderanno il famoso Apolar 125 della ditta russa TAL, un ottimo rifrattore da 125 mm di diametro e rapporto focale F/7,5, che con uno schema ottico a 6 elementi in 3 gruppi riusciva a correggere molto bene l'aberrazione cromatica utilizzando vetri ottici comuni. Telescopio molto interessante che ho provato personalmente e che mi ha fatto un'ottima impressione, probabilmente però troppo complicato da costruire e non più competitivo con i doppietti ED di recente produzione cinese. Nei telescopi in commercio il termine ED viene spesso usato, a volte anche erroneamente, per identificare rifrattori dalle buone prestazioni apocromatiche: ad esempio, il costruttore può decidere se realizzare un rifrattore con due elementi ottici, di cui uno con vetro ED "economico" tipo FPL51, ma con una lunghezza focale superiore a F/10, oppure con lo stesso vetro creare uno strumento più fotografico utilizzando uno schema ottico a tre elementi, che gestisce meglio rapporti focali più corti come F/6 o F/7. Inserendo invece una lente ED (o più di una) di alta qualità in un doppietto, o meglio ancora in uno schema ottico a tripletto, si potrà avere un vero rifrattore apocromatico, sempre senza esagerare con rapporti focali troppo corti.



▲ L'aberrazione cromatica di una singola lente fa sì che la luce di diverse lunghezze d'onda abbia lunghezze focali leggermente diverse

Negli ultimi anni si sta perdendo un po' di vista il vero significato di apocromatico, troppo spesso si vedono acromatici di qualità dichiarati con prestazioni semi apocromatiche o direttamente chiamati ED, oppure tripletti apocromatici con lente ED non specificata, che di apocromatico hanno ben poco. Bisogna inoltre ricordare che non basta l'utilizzo di uno o due vetri ED per realizzare un ottimo rifrattore.
La lavorazione ottica, la cella che contiene le ottiche e in generale tutta la meccanica devono essere di alto livello, altrimenti verrà del tutto vanificata la spesa per un vetro ottico di alta qualità.

QHYCCD QHY5III200M camera mono

Compatta e veloce, aggira le turbolenze nel vicino infrarosso

Tim Jardine

SCHEDA TECNICA

- **Prezzo** € 399
- **Sensore** SC2210 CMOS
- **Dimensioni sensore** 1.920x1.080
- **Frame rate** risoluzione massima 96,5 fps a 8 bit; 60 fps a 16 bit
- **Esposizione** da 15 ms a 15 minuti
- **Memoria** 512MB DDR3 RAM
- **Connettività** USB 3.2, ST4
- **Dimensioni** 77x40 mm
- **Peso** 90 g

Le fotocamere QHYCCD godono di un'ottima reputazione, ma l'ultima versione QHY5, nota come QHY5III200M, presenta alcuni utili perfezionamenti. Si tratta di una fotocamera monocromatica a doppio uso, che offre prestazioni elevate per le immagini planetarie e funge da fotocamera sensibile e affidabile per l'autoguida.

È piccola e leggera, con un barilotto da 1,25 pollici e quattro alette rotonde che la dividono in due sezioni: il terzo posteriore del corpo ospita i collegamenti, mentre i due terzi anteriori possono essere inseriti in un portaoculari da 1,25 pollici. Le alette aiutano a dissipare un po' di calore interno. La confezione contiene una scheda di avvio rapido, sempre gradita: seguendo i cinque semplici passaggi abbiamo scaricato il manuale in PDF con il software della fotocamera in pochi minuti. QHYCCD ha una propria app di controllo della telecamera chiamata EZCap QT, raccomandata, ma nel software è inclusa anche una copia del più familiare ed eccellente SharpCap, che abbiamo scelto come app di acquisizione.

Bisogno di velocità

Per l'imaging planetario, la velocità di acquisizione è la chiave per ottenere buoni risultati. Quando il seeing è scarso, essere in grado di catturare rapidamente un gran numero di fotogrammi ci permette di selezionare i migliori. Quando poi il soggetto ruota relativamente veloce, come nel caso di Giove, è un vantaggio poter raccogliere i dati migliori nel minor tempo possibile.

Con questa fotocamera monocromatica, per produrre immagini a colori servono filtri RGB, quindi è necessario acquisire almeno tre serie di dati, possibilmente quattro se è richiesto un canale di luminanza: la velocità è fondamentale.

Tenendo conto di questo, abbiamo eseguito alcuni test di benchmark con il nostro laptop i7, non all'ultimo grido con 16 GB di RAM.

In modalità a piena risoluzione, 1.920x1.080, 16 bit, abbiamo ottenuto 60 fotogrammi al secondo (fps) con un'esposizione di 1 ms. All'estremo opposto della scala, utilizzando la funzione "Regione di interesse" con una risoluzione 320x240, abbiamo ottenuto una velocità costante di 245 fps. Per la nostra configurazione del telescopio, un'impostazione ▶

Anelli e accessori

È inclusa una selezione ben studiata di utili adattatori per la montatura, un portafiltri di ricambio, un anello di regolazione della messa a fuoco e persino un paio di distanziali in Delrin, ideali per evitare che i vari adattatori si incastrino tra loro.

EXTRA

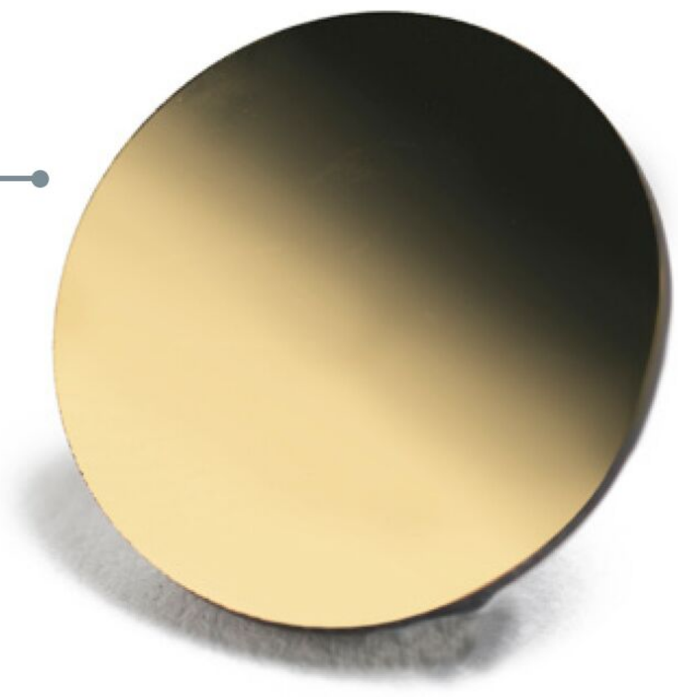
Filtro IR850 nm, storage tin, cavo USB cable, cavo per autoguida ST4, anelli distanziatori

TUTTE LE FOTO: @THESHED/PHOTOSTUDIO

SCALA

Filtro IR850 nm

Il coperchio trasparente del chip CMOS può essere sostituito con il filtro IR850 nm in dotazione, che lascia passare la luce del vicino infrarosso filtrando le altre lunghezze d'onda. Ciò consente di ottenere immagini lunari e planetarie più nitide nelle notti con scarso seeing, poiché la luce infrarossa è meno influenzata dalla turbolenza atmosferica.

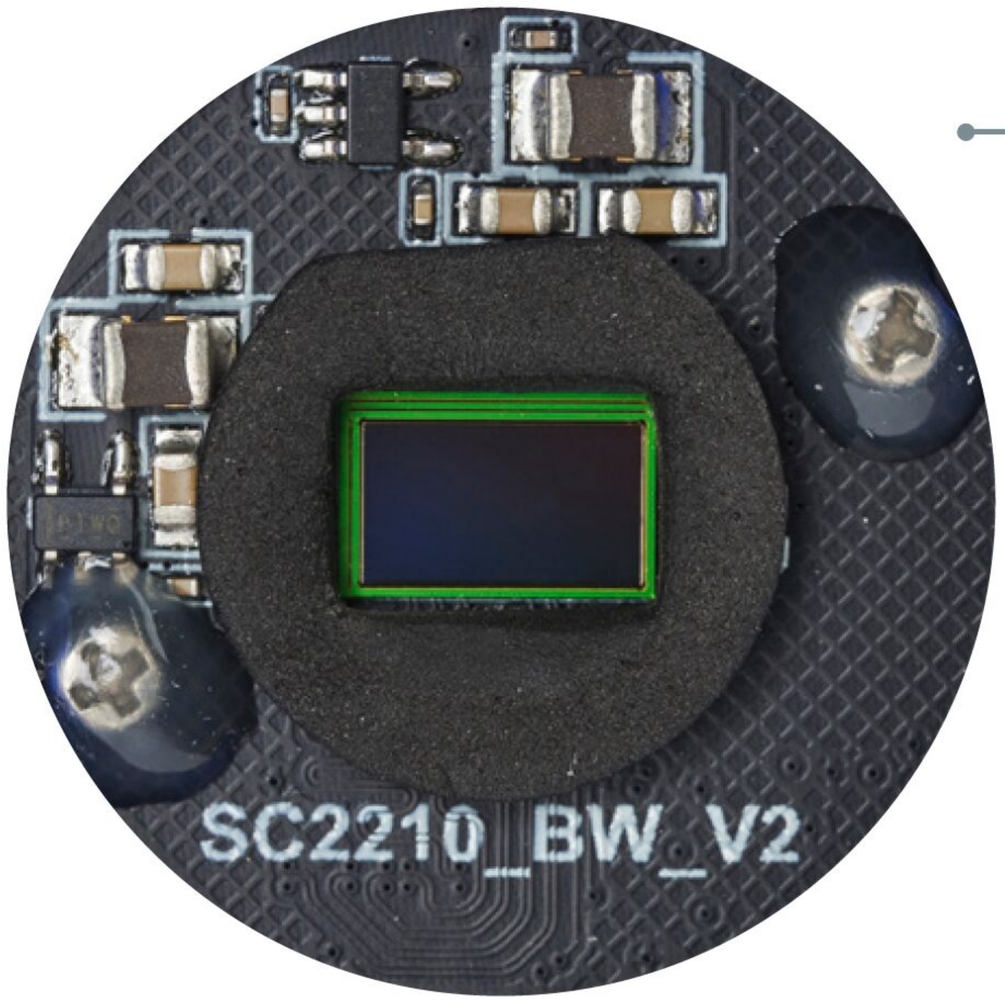


RAM DDR3 da 512MB

L'abbondante mezzo gigabyte di memoria veloce a bordo consente al QHY5III200M di eseguire l'acquisizione dei dati il più velocemente possibile, bufferizzandoli via via che le immagini vengono prodotte e riducendo così la pressione sul computer di registrazione nel tenere il passo con l'alta velocità della fotocamera.

Connessione USB

È bello vedere il nuovo standard USB 3.2 Tipo-C sul retro della camera, che offre una connessione solida e affidabile, più facile da inserire al buio. Nella confezione è incluso un cavo USB di buona qualità da 1,8 m con marchio QHYCCD.



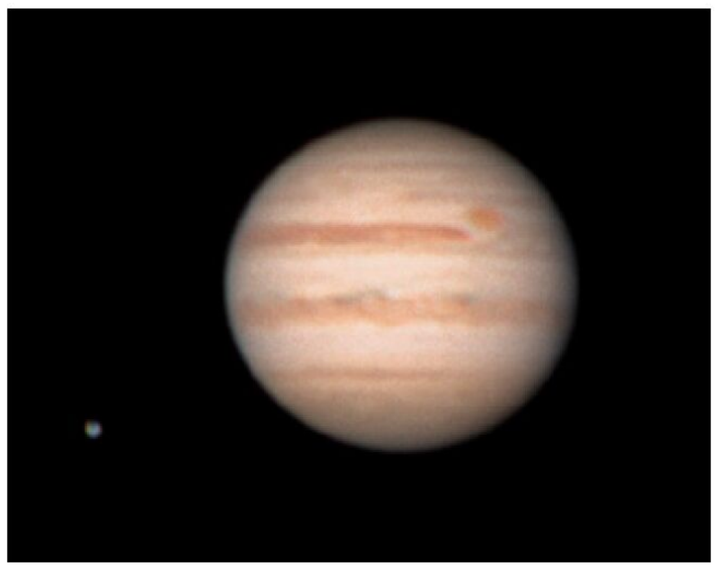
Alta sensibilità nel vicino infrarosso

QHYCCD descrive il sensore SC2210 come un'unità "CMOS domestica". Non è del tutto ovvio cosa intendano, ma questo non toglie nulla alle eccellenti prestazioni di cui è capace il piccolo chip. I pixel da 4x4 µm sono disposti in una griglia da 1.920x1.080 per questa camera da 2 MP e sono possibili tempi di esposizione compresi tra 15 millisecondi e 15 minuti. La sensibilità alle lunghezze d'onda del vicino infrarosso aggiunge una dimensione in più e apre la possibilità di ottenere immagini in condizioni non ideali con il filtro IR850 nm. Potrebbe essere una fotocamera utile per catturare immagini di stelle doppie vicine e oggetti simili che necessitano di un po' di manipolazione per aggirare eventuali problemi di seeing, e a tal fine abbiamo utilizzato l'elevata sensibilità all'estremità rossa dello spettro per ottenere un'immagine ravvicinata della deliziosa regione del Trapezio di Orione, ricca di emissioni luminose di idrogeno e zolfo. Questo chip CMOS "domestico" è in grado di svelare anche i segreti degli oggetti deep-sky.

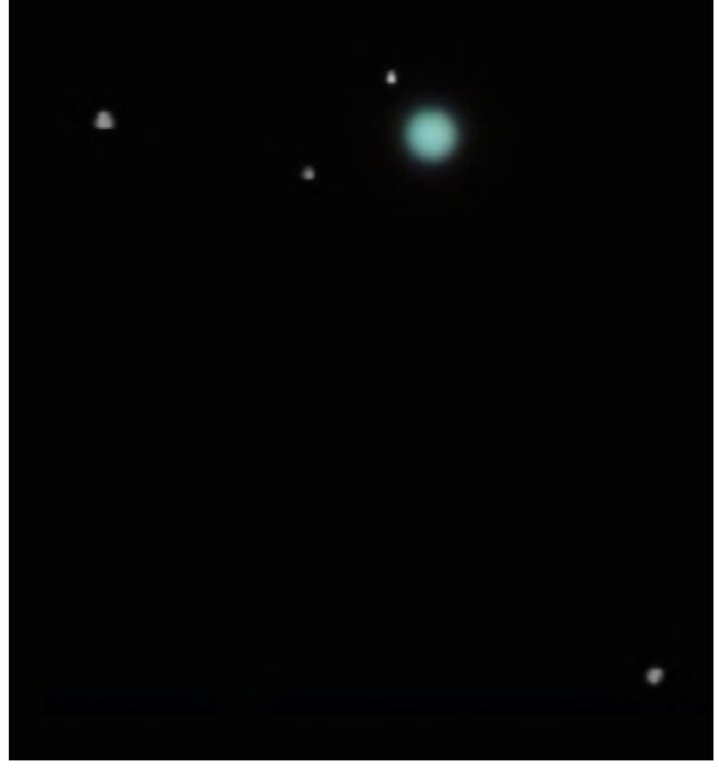
Pratico contenitore

La camera viene fornita in un pratico contenitore rivestito di gommapiuma e dotato di aperture per proteggere l'unità durante la conservazione.
C'è spazio per la camera, un cavo USB e i vari accessori, tra cui il cavo di guida ST4 e la scatola dei filtri.

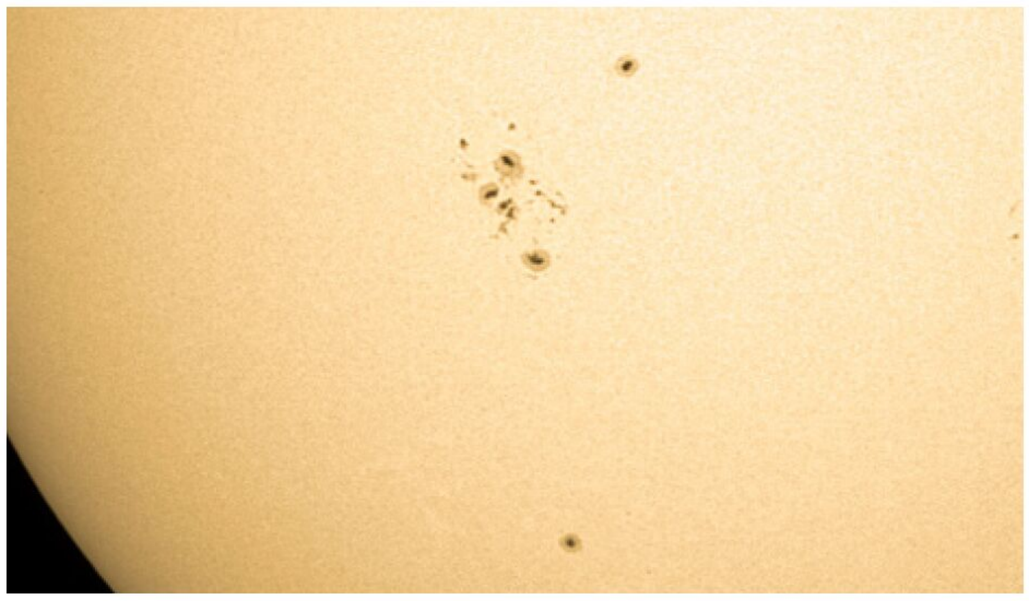
▲ Il filtro per infrarosso permette di ottenere immagini lunari nitide come questa ripresa della X sulla Luna



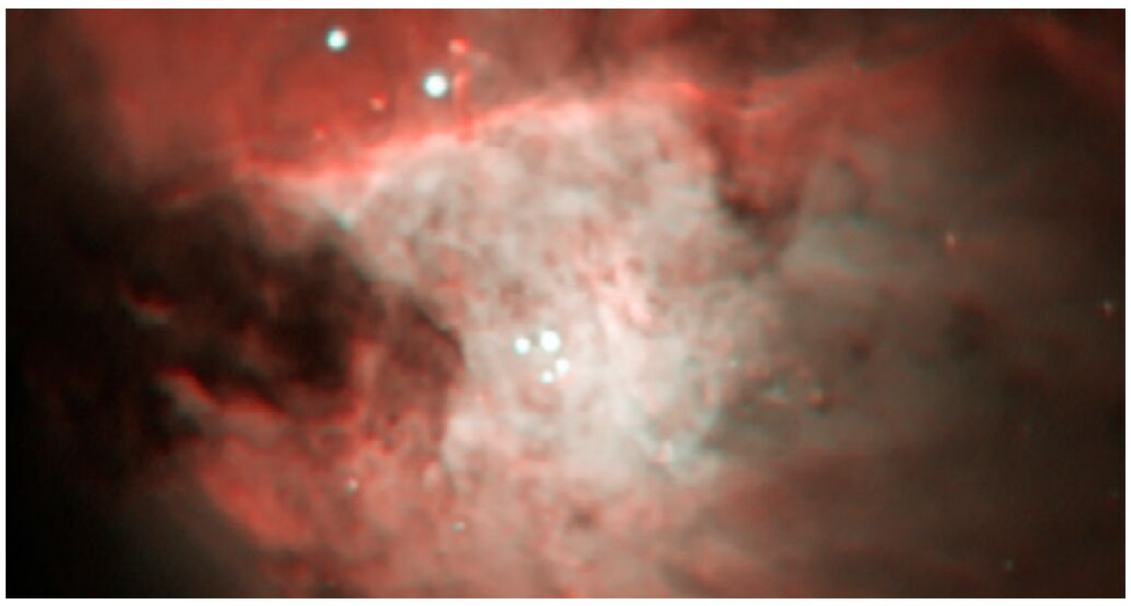
▲ Giove, ripreso attraverso una nuvola sottile in RGB, 2.000 fotogrammi di cui il migliore 30 per cento impilato



▲ Uno dei momenti salienti della nostra sessione di test è stata la cattura di Urano e cinque delle sue lune



▲ Macchie solari riprese grazie all'aggiunta di un filtro a luce bianca



▲ Primo piano dell'ammasso del Trapezio di Orione, ottenuto sfruttando al massimo la sensibilità del vicino infrarosso della camera

di 640x480 ha fornito un buon compromesso tra le dimensioni di Giove nell'inquadratura e il contesto intorno al pianeta, e abbiamo ottenuto una velocità utile di 130 fps. Naturalmente questi risultati possono variare a seconda del computer utilizzato, ma si tratta di una fotocamera veloce.

Controlli di qualità

Abbiamo abbinato il QHY5III200M al nostro rifrattore da 150 mm, utilizzando una Barlow 2x per aumentare la lunghezza focale a 2.100 mm e successivamente, quando abbiamo provato il filtro IR850 nm, abbiamo utilizzato un'ulteriore Barlow 2x per raddoppiare nuovamente la lunghezza focale. In tutti i casi, la piccola fotocamera è stata facile da controllare e abbiamo potuto regolare rapidamente le impostazioni di guadagno e lunghezza di esposizione in SharpCap per sfruttare al meglio le condizioni. Quando la Luna ha presentato l'opportunità di catturare le famose lettere X e V, effetti di chiaroscuro creati dalle pareti dei crateri che appaiono sul terminatore in una determinata fase lunare, siamo stati in grado di fotografarle in modo quasi istantaneo.

La camera è molto semplice da usare e ha raccolto i dati in modo efficiente. Sebbene le condizioni del cielo abbiano impedito di ottenere immagini planetarie di prim'ordine durante la sessione di test, siamo stati soddisfatti di avere catturato almeno qualcosa di Saturno, Giove e Nettuno, nonché cinque lune di Urano che girano intorno al pianeta verde-latte. Per quanto riguarda l'autoguida, il QHY5III200M è così sensibile che abbiamo potuto usare PHD2 anche attraverso un banco di nubi basse e sottili che coprivano alla vista tutte le stelle. L'integrazione con PHD2 non ha dato problemi. Un driver ASCOM per la camera ne garantisce la compatibilità con il software di acquisizione preferito.

Con il Sole che mostrava più macchie solari di quante ne avessimo mai viste, abbiamo montato un filtro solare a luce bianca e abbiamo catturato 5.000 fotogrammi da impilare. La regolabilità e il raggio d'azione della piccola fotocamera ci hanno permesso di raccogliere esattamente ciò che serviva in tempo reale per registrare fotograficamente l'evento.

Con gli ultimi aggiornamenti e caratteristiche, la versatile e affidabile QHY5III200M sembra destinata a diventare la fotocamera autoguidata e planetaria di riferimento per qualche tempo a venire.

GIUDIZIO

Assemblaggio	★★★★½
Struttura e design	★★★★★
Facilità d'uso	★★★★½
Caratteristiche	★★★★★
Ottica	★★★★★
PRESTAZIONI GLOBALI	★★★★★

ACCESSORI

1. QHYCCD QHYCFW3-S-SR 7x, ruota portafiltri da 1,25 pollici/31 mm

2. Set di filtri Astronomik L-RGB tipo 2c

3. Mini telescopio guida QHYCCD

LA BIBLIOTECA DELLE STELLE

A cura di **Piero Bianucci**

Un pianeta doppio

Simbolicamente, l'installarsi senza traumi del lander Odysseus ad appena 300 km dal polo sud lunare ha chiuso le esplorazioni novecentesche e ha inaugurato la nuova fase del ritorno sulla Luna. Nel suo piccolo, la data dell'impresa, venerdì 23 febbraio 2024, è diventata una tappa da ricordare nella storia dell'astronautica per cinque buoni motivi: 1) Odysseus, costruito dall'azienda americana Intuitive Machine e lanciato da Cape Canaveral con un razzo di Elon Musk, è il primo lander robotico interamente privato che abbia raggiunto con successo il nostro satellite; 2) il sito di atterraggio è uno dei 13 selezionati intorno al polo sud lunare come adatti per costruirvi una colonia scientifica permanente; 3) nel cratere Malapert, dove Odysseus ha posato le sue sei zampe a traliccio, dovrebbero esserci riserve di ghiaccio; 4) dal dicembre del 1972, cioè dallo sbarco degli astronauti della missione Apollo 17, gli Stati Uniti non avevano più toccato il suolo lunare; 5) il successo di Odysseus ha dato il via alla "space economy" lunare, che promette di far girare 142 miliardi di dollari entro il 2040.

Per inquadrare l'impresa di Odysseus, prima bandiera dell'iniziativa privata a sventolare (metaforicamente, si capisce) sul nostro satellite, è utile leggere il sottile ma denso libretto "Luna, laboratorio di pace" di Simonetta Di Pippo, docente di space economy alla SDA Bocconi School of Management, dopo aver ricoperto numerosi incarichi dirigenziali nell'agenzia spaziale italiana ed europea e all'ufficio delle Nazioni Unite per gli affari dello spazio extra-atmosferico.

Odysseus ospita 12 carichi utili, sei dei quali sono strumenti della NASA che serviranno a pianificare le prossime missioni per l'insediamento della colonia progettata dai Paesi del blocco occidentale (USA, Europa, Canada, Giappone).

Luna, laboratorio di pace
di Simonetta Di Pippo
Edizioni EGEA
135 pagine, 19 euro

Come è noto, da circa due anni, Russia e Cina si sono tirate fuori dalla collaborazione, che per un quarto di secolo ha reso possibile la Stazione Spaziale Internazionale. La Cina, oltre ad aver portato a terra con una missione robotizzata 1,5 kg di rocce del nostro satellite, è stata la prima a posare una sonda sull'emisfero lunare non rivolto verso la Terra. Rimane da chiarire il ruolo dell'India, che è diventato il quarto Paese al mondo ad atterrare sulla Luna dopo Russia, USA e Cina. In totale, ricorda l'autrice, dal 1958 al 2020, tra riuscite e fallite, sono 112 le missioni lanciate verso la Luna. La massima concentrazione di lanci si è avuta tra il 1960 e il 1975; la ripresa dell'interesse per il nostro satellite è avvenuta nella seconda metà degli anni '90 e ora siamo entrati in una nuova fase, ambiziosa come quella della competizione USA-URSS durante la "guerra fredda" ma in uno scenario geopolitico completamente cambiato, soprattutto dopo l'attacco di Putin all'Ucraina. La prima fase di esplorazione – tutta russa e americana – si è rivolta soltanto alla fascia equatoriale del nostro satellite, dove l'atterraggio è relativamente più semplice. Le sonde lunari degli anni '90 e successivi sono state decisive per identificare le regioni polari che non vengono mai illuminate dal Sole, e che quindi nascondono potenziali riserve di acqua. Sono fondi di crateri da impatto difficili da cartografare, in particolare i dintorni del cratere Shakleton, le cui cime sono, invece, perennemente illuminate dal Sole, il che assicurerebbe la costante produzione di energia fotovoltaica. Il 2023 è stato un anno di intenso traffico Terra-Luna, con in evidenza Russia, India, Cina, Giappone e, per procura, Emirati Arabi, mentre l'Europa è latitante e al momento ha solo due missioni in programma. Vero è che però partecipa ad Artemis, il progetto più importante, che prevede lo sbarco sulla Luna di una donna e un uomo di colore intorno al 2027, la stazione spaziale Gateway in orbita lunare e la costruzione del Moon Village presso il polo sud lunare. I problemi geopolitici, e di conseguenza la regolamentazione delle attività nello spazio e sulla Luna, sono diventati estremamente complessi e delicati dopo l'attacco russo all'Ucraina, e Simonetta Di Pippo li passa in rivista uno per uno con accuratezza, indicando anche in quale direzione sarebbe auspicabile risolverli per il bene comune. Il vecchio Trattato dello Spazio del 1967 è stato più volte aggiornato ma sempre con "toppe" varate in quasi-emergenza. Bisognerebbe riprendere in mano la questione e standardizzare procedure, mezzi spaziali e criteri di sicurezza. Purtroppo bisogna fare i conti con la debolezza delle Nazioni Unite, l'istituzione che, costituita dai 192 Paesi esistenti, avrebbe il ruolo e l'autorità morale per svolgere questo compito. Intanto c'è da prendere atto di una svolta nella storia del nostro pianeta. Comunque vadano avanti i programmi del blocco occidentale e del bocco russo-cinese, avremo presto un sistema di navigazione satellitare e di tele-comunicazioni che farà della Terra e della Luna ciò che astronomicamente sono, cioè un pianeta doppio, una sola entità, e ovviamente l'unica entità, nel Sistema solare, abitata da una forma di vita intelligente. Sempre sperando che in questa importante occasione l'intelligenza sappia dimostrarla.

Le guerre spaziali non sono solo nei film

Le immagini messe a disposizione dalla SpaceX di Elon Musk, tramite la costellazione Starlink, si sono rivelate preziose per l'Ucraina nel respingere le forze russe. In febbraio l'Ansa ha ripreso una fonte secondo la quale Mosca sta sviluppando sistemi per mettere fuori uso i satelliti con esplosioni nucleari. Per più di trent'anni il 60% dei satelliti statunitensi e il 70% di quelli russi sono andati nello spazio a scopo militare. Oggi, collocare in orbita tecnologie per aumentare l'efficacia di forze convenzionali è un uso consolidato. Diverso è il concetto di *weaponization* che, sebbene non abbia ancora una definizione universalmente condivisa, può essere considerato il posizionamento nell'environment spaziale o in quello terrestre di dispositivi progettati per distruggere, danneggiare o interferire con il normale funzionamento che si trovi nello spazio esterno, sulla Terra o nell'atmosfera terrestre, oppure per infliggere danni alle popolazioni.

Nell'immaginario collettivo, lo spazio è associato ai concetti di vuoto, immensità e libertà, ma oggi risulta piuttosto caotico e congestionato. Tutto ebbe inizio oltre 70 anni fa quando, il 4 ottobre 1957, lo Sputnik colse di sorpresa il mondo. L'Unione Sovietica era considerata da buona parte della popolazione americana un Paese arretrato, incapace di costruire persino un frigorifero, figuriamoci un satellite artificiale. Trascorse solo un mese e i russi lanciarono lo Sputnik 2 con a bordo la cagnetta Laika. Gli americani, ancora sotto shock fondarono l'agenzia spaziale NASA, in gara con i russi. Si dovette attendere il 31 gennaio 1958 perché gli americani mettessero in orbita il loro primo satellite, il minuscolo Explorer 1.

L'idea di conquistare lo spazio intorno alla Terra, e la consapevolezza dell'enorme utilità che questo nuovo environment avrebbe apportato alla vita quotidiana, ha spinto le potenze mondiali a dotarsi di un numero sempre maggiore di satelliti per sperimentare, osservare, comunicare e navigare. Considerando l'enorme numero di detriti spaziali in orbita intorno al nostro pianeta, i più di 4.000 satelliti operativi

Militarizzazione dello spazio e fondamenti di astronautica militare
di Carlo Di Leo
IBN editore,
248 pagine
22 euro

possono considerarsi in pericolo. Qualora uno dei frammenti di space debris, cioè di immondizia spaziale, dovesse entrare in collisione con un satellite, oltre alla perdita della missione potrebbe innescarsi una reazione a catena che inibirebbe in breve tempo tutti i servizi spaziali e la possibilità di ulteriori lanci: è la sindrome di Kesler resa famosa dal film "Gravity".

La Commissione Europea, a partire dagli studi dell'Agenzia Spaziale Europea, ha istituito un quadro di sostegno per la SST (Space Surveillance & Tracking) denominato SST Support Framework. L'obiettivo mirava a costituire un consorzio per la fornitura dei servizi SST basandosi sulle capacità esistenti dei 28 Paesi membri. A valle della fase di valutazione iniziale si costituiva il primo Consorzio dell'Unione Europea per la SST, con Francia, Germania, Italia, Spagna e Regno Unito. Attualmente gli Stati Uniti ritengono lo spazio circumterrestre "the ultimate highround" (l'altura decisiva) delle proprie capacità strategiche, per cui i sistemi satellitari al servizio delle forze armate costituiscono una nervatura che deve essere difesa a ogni costo.

Lo spazio oggi è uno strumento di egemonia in una scacchiera tridimensionale e rappresenta il prolungamento del dominio terrestre, marittimo e aeronautico. Di conseguenza, Washington ha chiaramente fatto capire che un attacco contro i sistemi spaziali americani verrà considerato a tutti gli effetti come un atto di guerra. Ma questo avvertimento da solo non basta. Poiché lo spazio è considerato alla stregua delle altre aree di confronto militare, esso va difeso allo stesso modo. Per questo motivo, si è affermato il concetto del Defensive Counterspace, che prevede azioni militari attive e passive per proteggere le risorse spaziali da attacchi di ogni genere, da quelli elettronici a quelli fisici.

La difesa dello spazio, con il potenziamento delle sue capacità, è affidata all'AFSPC (Air Force SPace Command), le cui responsabilità riguardano lo space support per il lancio di satelliti militari e la loro gestione in orbita, lo space enhancement per le attività di supporto ai teatri operativi, lo space control per garantire il dominio strategico nello spazio e l'uso di tale dimensione ai propri mezzi, negandolo agli avversari, e, infine, lo space force application per colpire obiettivi terrestri con armi poste nello spazio.

Nel 2019 la NATO ha stabilito che lo spazio è formalmente il nuovo dominio operativo insieme a terra, mare, aria e cyber. Le attività spaziali hanno riflessi importanti su ogni tipo di operazione militare. Non è quindi un caso che molti Paesi abbiano da poco deciso di istituire comandi spaziali o addirittura, come nel caso degli Stati Uniti, una vera e propria Space Force, fondata nel dicembre 2019, che è divenuta così la sesta forza armata ufficiale dopo Army, Navy, Marines, Coast Guard e Air Force. La stessa Italia l'ha costituita nel 2020.

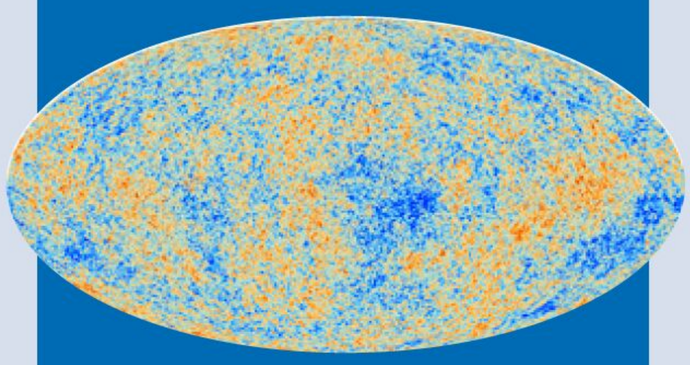
Anche l'impiego di energia nucleare nello spazio è un'arma a doppio taglio. Per quanto essa abbia fornito un contributo positivo nell'esplorazione spaziale, e possa continuare a farlo, è stata anche protagonista di una serie di incidenti sia da parte degli Stati Uniti che da parte russa. Diversi veicoli spaziali a energia nucleare hanno liberato materiali radioattivi e i reattori esauriti ancora in orbita non fanno che aggravare la minaccia rappresentata dalla caduta di detriti. Inoltre, la radiazione emessa dai reattori operativi interferisce con il funzionamento di altri satelliti. La presenza di reattori nucleari nello spazio è motivo di tensione internazionale, dato che il suo ruolo nei programmi spaziali delle superpotenze risulta determinante. Pertanto, organizzazioni di scienziati americani e russi hanno proposto il bando dei reattori nucleari dalle orbite terrestri, permettendone tuttavia l'uso nelle missioni di esplorazione dello spazio profondo per le quali si rende indispensabile. (RSN)

PROSSIMAMENTE

Sempre più ambiziose le osservazioni spaziali

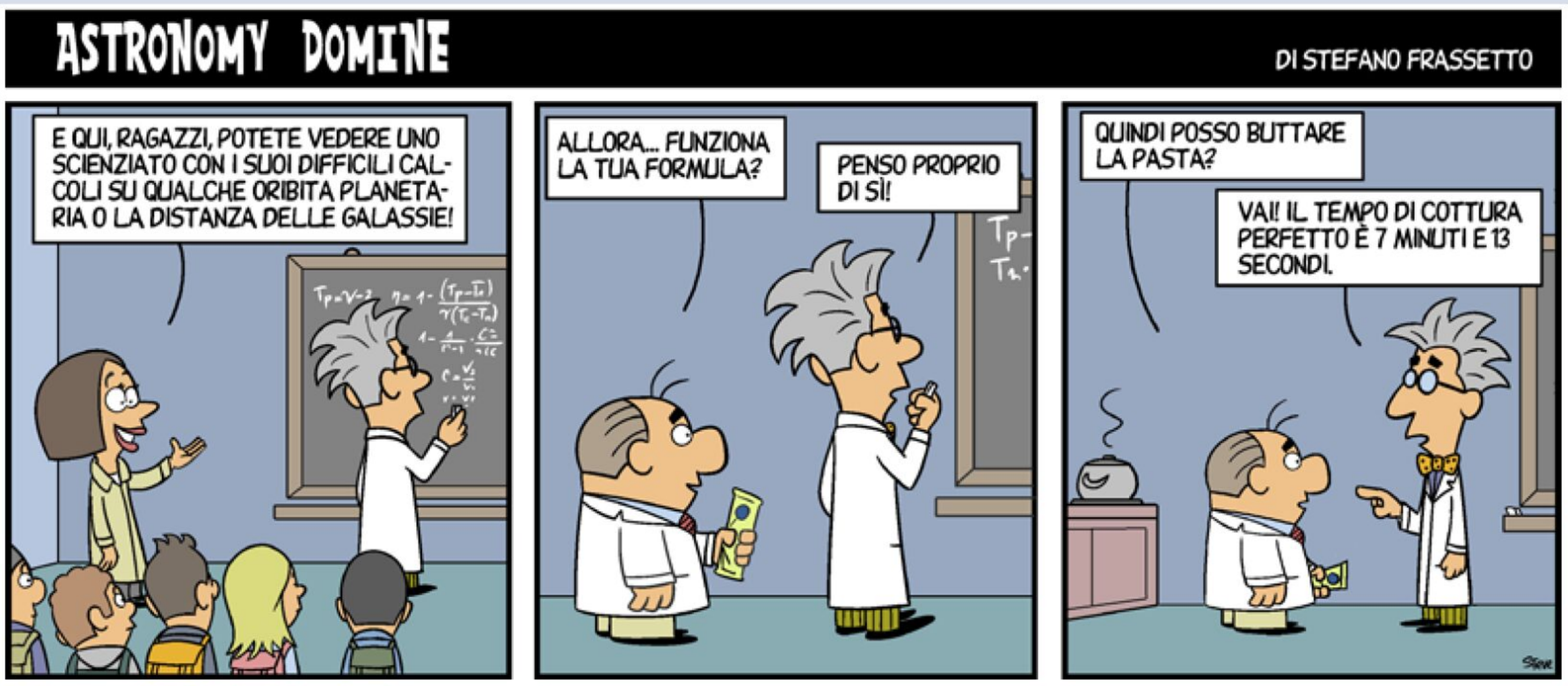
L'IA ci aiuterà a decifrarle

Una nuova puntata del nostro corso accelerato di cosmologia



Il nuovo osservatorio Square Kilometre Array

promette una rivoluzione nella radioastronomia



SKY AT NIGHT

SARÀ IN EDICOLA IL 10 DEI MESI PARI

BBC Sky at Night

Bimestrale - prezzo di copertina 9,90 € - sk@sprea.it

La Divisione Scienza di Sprea edita anche:

BBC SCIENZE

Cover: Luca Patrian

Coordinamento: Milena Sacchi

Realizzazione editoriale a cura di: Sered Srl

Coordinazione editoriale e concessionaria pubblicitaria: Lunasia Edizioni Srl

Consulenza tecnica: Piero Bianucci, Alberto Agliotti

Hanno collaborato: Giuseppe Bonacina, Gianrocco Guerriero, Pier Paolo Delsanto, Andrea Giacomelli, Aldo Ferruggia, Davide Formenti, Luca Fornaciari, Sabrina Masiero, Giuliano Monti, Luigi Morrone, Francesco Porcelli, Giancarlo Riolfo

Sprea S.p.A.

Sede Legale: Via Torino, 51 20063 Cernusco Sul Naviglio (Mi) - Italia

PI 12770820152- Iscrizione camera Commercio 00746350149

CDA: Luca Sprea (Presidente), Alessandro Agnoli (Amministratore Delegato), Giulia Spreafico (Divisione digital), Stefano Pernarella

Amministrazione: Erika Colombo (responsabile), Silvia Biolcati, Irene Citino, Desirée Conti, Sara Palestra - amministrazione@sprea.it

Ufficio Legale: Francesca Sigismondi

BBC Sky At Night, registrata al tribunale di Milano il 10/4/2006 con il numero 241.

ISSN: 2974-8712. Autorizzazione ROC n° 6282 del 29/08/2001

Direttore responsabile: Luca Sprea

Distributore per l'Italia: Press-Di Distribuzione stampa e multimedia s.r.l. - 20090 Segrate

Distributore per l'Estero: So.Di.P S.p.A.

Via Bettola, 18 - 20092 Cinisello Balsamo (MI)

Tel 02 66030 400 - Fax 02 66030 269 - sies@sodip.it

Stampa: Arti Grafiche Boccia S.p.A.Via Tiberio Claudio Felice,7- 84131 Salerno

Copyright: Sprea S.p.A. - Our Media Limited, UK

Informativa su diritti e privacy

La Sprea S.p.A. è titolare esclusiva della testata BBC Sky At Night e di tutti i diritti di pubblicazione e diffusione in Italia. L'utilizzo da parte di terzi di testi, fotografie e disegni, anche parziale, è vietato. L'Editore si dichiara pienamente disponibile a valutare – e se del caso regolare – le eventuali spettanze di terzi per la pubblicazione di immagini di cui non sia stato eventualmente possibile reperire la fonte. Informativa e Consenso in materia di trattamento dei dati personali GDPR Reg. UE 679/2016 e del Codice Privacy d.lgs. 196/03 così come modificato dalle disposizioni di adeguamento alla Legge Italiana D.Lgs 101/2018. Nel vigore del GDPR Reg. UE 679/2016 e del Codice Privacy d.lgs. 196/03 così come modificato dalle disposizioni di adeguamento alla Legge Italiana D.Lgs 101/2018. artt. 24 e 25, è Sprea S.p.A. (di seguito anche "Sprea"), con sede legale in Via Torino, 51 Cernusco sul Naviglio (MI). Sprea S.p.a. tratta i dati identificativi e particolari eventualmente raccolti nell'esercizio della prestazione contrattuale. La stessa La informa che i Suoi dati eventualmente da Lei trasmessi alla Sprea S.p.a., verranno raccolti, trattati e conservati nel rispetto del decreto legislativo ora enunciato e nel pieno rispetto dell'art. 32 GDPR Reg. UE 679/2016 per le finalità di trattamento previste per adempiere agli obblighi precontrattuali, contrattuali e fiscali derivanti da rapporti con Lei in essere, per le finalità amministrative e di contabilità, (con base giuridica contrattuale), per le finalità derivanti da obblighi di legge ed esercizio di difesa in giudizio, nonché per le finalità di promozione e informazione commerciale la cui unica base giuridica è basata sul consenso libero e incondizionato dell'interessato, nonché per le altre finalità previste dalla privacy policy consultabile sul sito www.sprea.it, connesse all'azienda. Si informa che, tenuto conto delle finalità del trattamento come sopra illustrate, il conferimento dei dati necessari alle finalità è libero ma il loro mancato, parziale o inesatto conferimento potrà avere, come conseguenza, l'impossibilità di svolgere l'attività e gli adempimenti precontrattuali e contrattuali come previsti dal contratto di vendita e /o fornitura di prodotti e servizi. La avvisiamo, inoltre, che i Suoi dati potranno essere comunicati e/o trattati (sempre nel rispetto della legge), anche all'estero, da società e/o persone che prestano servizi in favore della Sprea che sono state nominate responsabili del trattamento ai sensi dell'art- 28 GDPR Reg. UE 679/2016. Si specifica che non sono effettuati trasferimenti dei dati al di fuori dell'Unione Europea. Si specifica che Sprea S.p.a non effettua trattamento automatizzato di informazione e dati che produca effetti giuridici che Lai riguardano o che incida in modo analogo significativamente sulla Sua persona. In ogni momento Lei potrà chiedere la l'accesso ai sui dati, la rettifica dei suoi dati, la cancellazione dei suoi dati, la limitazione al trattamento e la portabilità dei suoi dati, nonché poi esercitare la facoltà di opposizione al trattamento dei Suoi dati ovvero esercitare tutti i diritti previsti dagli artt. 15, 16, 17, 18, 20, 21 del GDPR Reg. UE 679/2016 e ss. Modifiche di adeguamento legislativo del D.Lgs. 196/03, così come modificato dal D.Lgs 101/2018, mediante comunicazione scritta alla Sprea e/o direttamente al personale Incaricato preposto al trattamento dei dati. Lei potrà altresì esercitare i propri diritti rivolgendosi al Garante della Privacy, con Sede in Piazza Venezia n. 11 – 00187 Roma, Centralino telefonico: (+39) 06.696771,Fax: (+39) 06.69677.3785. Per informazioni di carattere generale è possibile inviare una e-mail a: garante@gpdp.it @ pec.it. Sprea S.p.a. La informa che Lei ha il diritto, ai sensi dell'art. 7 GDPR Reg. UE 679/2016 di revocare il consenso al trattamento dei suoi dati in qualsiasi momento. La lettura della presente informativa deve intendersi quale presa visione dell'Informativa ex art. 13 D.Lgs. 196/03 e 13 GDPR Reg. UE 679/2016e l'invio dei Suoi dati personali alla Sprea varrà quale consenso espresso al trattamento dei dati personali secondo quanto sopra specificato. L'invio di materiale (testi, fotografie, disegni, etc.) alla Sprea S.p.A. deve intendersi quale espressa autorizzazione alla loro libera utilizzazione da parte di Sprea S.p.A. Per qualsiasi fine e a titolo gratuito, e comunque, a titolo di esempio, alla pubblicazione gratuita su qualsiasi supporto cartaceo e non, su qualsiasi pubblicazione (anche non della Sprea S.p.A.), in qualsiasi canale di vendita e Paese del mondo.

Il materiale inviato alla redazione non potrà essere restituito.

Contenuti su licenza:

ourmedia AN IMMEDIATE GROUP COMPANY

BBC Sky at Night

Gli articoli di questo numero sono tradotti o riprodotti da "BBC Sky at Night"® e sono coperti da diritto d'autore o licenziati da Our Media Limited, UK 2024. Utilizzo su licenza. Tutti i diritti riservati. "BBC Sky at Night"® è un marchio registrato o concesso in licenza a Our Media Limited, UK. Utilizzo su licenza. Tutti i diritti riservati.

Per ulteriori informazioni su questa e su altre riviste pubblicate da Our Media, visita https://www.OurMedia.co.uk

ADVERTISING, SPECIAL PROJECTS & EVENTS

Segreteria: Emanuela Mapelli - Tel. 02 92432244 - emanuelamapelli@sprea.it

SERVIZIO QUALITÀ EDICOLANTI E DL

Sonia Lancellotti, Luca Majocchi: Tel. 02 92432295

distribuzione@sprea.it - 351 5582739

ABBONAMENTI E ARRETRATI

Abbonamenti: si sottoscrivono on-line su www.sprea.it/skyatnight

abbonamenti@sprea.it Tel: 02 87168197 (lun-ven / 9:00 -13:00 e 14:00 - 18:00)

Il prezzo dell'abbonamento è calcolato in modo etico perché sia un servizio utile e non in concorrenza sleale con la distribuzione in edicola.

Arretrati: si acquistano on-line su www.sprea.it/arretrati

abbonamenti@sprea.it 329 3922420

FOREIGN RIGHTS

Paolo Cionti: Tel. 02 92432253 - paolocionti@sprea.it

SERVIZI CENTRALIZZATI

Art director: Silvia Taietti

Grafici: Alessandro Bisquola, Nicole Bombelli, Tamara Bombelli, Nicolò Digiuni, Marcella Gavinelli, Luca Patrian

Coordinamento: Chiara Civilla, Tiziana Rosato, Roberta Tempesta, Silvia Vitali

UK EDITORIAL

Editor Chris Bramley — Features Editor Ezzy Pearson

Content Editor Iain Todd — Production Editor Jess Wilder

Art Editor Steve Marsh — Reviews Editor Paul Money

PUBLISHING & MANAGEMENT, OUR MEDIA LTD

Associate Publisher Rob Brock

Managing Director Andrew Davies

CEO Andy Marshall

IMMEDIATE MEDIA CO LTD

CEO Sean Cornwell

Director of International, Licensing & Top Gear Magazine, UK Tim Hudson

Head of Partners, Brand Management & Ethical Compliance Molly Hope-Seton

Head of Licensing Tom Shaw

BBC STUDIOS, UK PUBLISHING

Chair, Editorial Review Boards Nicholas Brett

Managing Director, Consumer Products and Licensing Stephen Davies

Director, Magazines and Consumer Products Mandy Thwaites

Compliance Manager Cameron McEwan

UK.Publishing@bbc.com; www.bbcstudios.com

IN EDICOLA

OGNI 27 DEL MESE

Scansiona il QR Code

Acquistala su www.sprea.it/classicrock
versione digitale disponibile dal 24 del mese

61 anni di storia,
tradizione e innovazione
L'industria grafica al servizio della filiera della carta stampata

artigrafiche**Boccia**spa

PRINTING EUROPE

www.artigrafiche boccia.com

Scarica Evolution Print.
Inquadra questa pagina e ascolta la nostra storia.

tel: +39089303311
info@artigrafiche boccia.com